


(주)지학사

## 집필

### 총론

최은정(이화여자대학교 겸임교수)

### 각론

Ⅰ 물질의 구성
김영호(신목고등학교 교사)

Ⅱ 빛과 파동
남경식(세종과학고등학교 교사)

Ⅲ 기권과 우리 생활
김영귀(신목고등학교 교사)
권오성(독산고등학교 교사)

Ⅳ 소화 · 순환 · 호흡 · 배설
김규태(서울과학고등학교 교사)
이상인(강일고등학교 교사)
김찬우(서울대학교 사범대학 부설여자중학교 교감)
백승용(서울과학고등학교 교사)

Ⅴ 물질의 특성
어진영(서울과학고등학교 교사)

Ⅵ 일과 에너지 전환
조봉제(송파공업고등학교 교사)
전병희(현대고등학교 교사)
남경식(세종과학고등학교 교사)

Ⅶ 자극과 반응
김찬우(서울대학교 사범대학 부설여자중학교 교감)


모든 물질은 원소로 이루어져 있으며, 원소들은 각각 고유의 스펙트럼을 나타낸다. (교과서 24쪽)

# 머리말

2009 개정 교육과정의 '중학교 과학'은 자연 현상과 사물에 대하여 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 과학의 기본 개념을 이해하고 과학적 사고력과 창의적 문제 해결력을 길러 일상생활의 문제를 해결할 줄 아는 과학적 소양을 기르는 것을 목표로 한다. 따라서 본 지도서는 단편적인 과학 지식의 전수를 지양하는 대신에 학습자들의 창의성과 인성 함양을 견인하도록, 선생님들이 수업 시 필요한 내용들로 다음과 같이 구성하였다.

__총론: 2009 개정 교육과정의 성격과 목표, 중학교 1~3학년군의 성취 기준과 탐구 활동을 원문으로 실어, 개정 교육과정에 대한 선생님들의 이해에 도움이 되도록 하였다. 특히, 연간 지도 계획안과 참고 문헌 목록과 용어 일람표를 수록하여, 선생님들이 진도 구상 및 수업 준비에 활용할 수 있도록 하였다.

__각론: 대단원의 머리 부분에는 단원의 개관과 단원 학습 위계를 제시하여 대단원의 흐름을 한눈에 파악할 수 있도록 하였고, 각 소단원별로 학습 내용 안내, 학습 전개, 찾아보기를 통해 그 단원에서 학습하게 될 주요 내용을 개괄적으로 소개하였고, 관련 지식, 학습 자료실, 과학 돋보기 등의 다양한 코너를 운용하였다. 또한 참고 자료, 효과적인 수업을 위한 Tip은 현장의 목소리를 반영한 것으로 실제 수업에 활용할 만한 내용들로만 엄선하여 구성하였다. 대단원 마무리 문제에 대한 해설에 뒤이어 대단원 평가문항 예시를 두어, 선생님들이 학교 시험 출제에 참고할 수 있도록 하였다.

이에 본 지도서가 새로운 세대를 위한 과학 교육의 길잡이 역할을 하기를 바라며, 선생님들의 각별한 노력에 부응하여 우수한 과학 인재들이 대거 배출되기를 기대하는 바이다.

지은이

# 차례

## 1 총론



## 2 각론



## 3 부록




# 총론








# I 2009 개정 교육과정

이 교육과정은 2009년 12월 23일에 교육과학기술부 고시 제2009－41로서, 중등학교의 교육 목적과 교육 목표를 달성하기 위한 국가 수준의 교육과정이며, 중등학교에서 편성 · 운영하여야 할 학교 교육과정의 공통적, 일반적인 기준을 제시한 것이다. 이 교육과정의 성격은 다음과 같다.

(1) 국가 수준의 공통성과 지역, 학교, 개인 수준의 다양성을 추구하는 교육과정이다.
(2) 학습자의 자율성과 창의성을 신장하기 위한 학생 중심의 교육과정이다.
(3) 교육청과 학교, 교원 · 학생 · 학부모가 함께 실현해 가는 교육과정이다.
(4) 학교 교육 체제를 교육과정 중심으로 개선하기 위한 교육과정이다.
(5) 교육의 과정과 결과의 질적 수준을 유지, 관리하기 위한 교육과정이다.

## 01 추구하는 인간상

우리나라의 교육은 홍익인간의 이념 아래 모든 국민으로 하여금 인격을 도야하고, 자주적 생활 능력과 민주 시민으로서 필요한 자질을 갖추게 하여 인간다운 삶을 영위하게 하고, 민주 국가의 발전과 인류 공영의 이상을 실현하는 데 이바지하게 함을 목적으로 하고 있다.

이러한 교육 이념을 바탕으로, 이 교육과정이 추구하는 인간상은 다음과 같다.

(1) 전인적 성장의 기반 위에 개성의 발달과 진로를 개척하는 사람
(2) 기초 능력의 바탕 위에 새로운 발상과 도전으로 창의성을 발휘하는 사람
(3) 문화적 소양과 다원적 가치에 대한 이해를 바탕으로 품격 있는 삶을 영위하는 사람
(4) 세계와 소통하는 시민으로서 배려와 나눔의 정신으로 공동체 발전에 참여하는 사람

## 02 교육과정 구성의 방침

추구하는 인간상을 구현하기 위한 교육과정 구성의 방침은 다음과 같다.

(1) 배려와 나눔을 실천하는 창의적인 인재를 기를 수 있도록 교육과정을 구성한다.
(2) 초등학교 1학년부터 중학교 3학년까지 공통 교육과정과 고등학교 1학년부터 3학년까지 선택 교육과정으로 편성한다.
(3) 교육과정의 편성 · 운영의 경직성을 탈피하고, 학년 간 상호 연계와 협력을 통한 학교 교육과정 편성 · 운영의 유연성을 부여하기 위하여 학년군을 설정한다.
(4) 공통 교육과정의 교과는 교육 목적상의 근접성, 학문 탐구 대상 또는 방법상의 인접성, 생활 양식에서의 연관성 등을 고려하여 교과군으로 재분류한다.

(5) 선택 교육과정에서는 학생들의 기초 영역 학습 강화와 진로 및 적성 등을 감안한 적정 학습이 가능하도록 4개의 교과 영역으로 구분하고, 필수 이수 단위를 제시한다.
(6) 학기당 이수 교과목 수 축소를 통한 학습 부담의 적정화와 의미 있는 학습 활동이 전개될 수 있도록 집중 이수를 확대한다.
(7) 기존의 재량 활동과 특별 활동을 통합하여 배려와 나눔의 실천을 위한 '창의적 체험 활동'을 신설한다.
(8) 학교 교육과정 평가, 교육 평가의 개선, 국가 수준의 학업 성취도 평가 실시 등을 통해 교육과정 질 관리 체제를 강화한다.

## 03 중학교 과학과 학습 목표

중학교의 교육은 초등학교 교육의 성과를 바탕으로, 학생들의 학습 능력과 일상생활에 필요한 기본 능력을 배양하며, 다원적인 가치를 수용하고 존중하는 민주 시민의 자질 함양에 중점을 둔다. 또 자연 현상과 사물에 대한 흥미와 호기심을 가지고 탐구하여 과학의 기본 개념을 이해하고, 과학적 사고력과 창의적 문제 해결 능력을 길러 일상생활의 문제를 해결할 줄 아는 과학적 소양을 기르는 데 있다.

(1) 자연 현상을 탐구하여 과학의 기본 개념을 이해한다.
(2) 자연 현상을 과학적으로 탐구하는 능력을 기른다.
(3) 자연 현상에 대한 흥미와 호기심을 갖고, 과학적으로 해결하려는 태도를 기른다.
(4) 과학, 기술, 사회의 관계를 인식한다.

### 편제와 시간 배당 및 운영 중점

(1) 교과군은 국어, 사회(역사 포함)/도덕, 수학, 과학/기술 · 가정, 체육, 예술(음악/미술), 영어, 선택으로 한다.

| 구 분 | | 1~3학년 |
|---|---|---|
| 교과군 | 국어 | 442 |
| | 사회(역사 포함)/도덕 | 510 |
| | 수학 | 374 |
| | 과학/기술 · 가정 | 646 |
| | 체육 | 272 |
| | 예술(음악/미술) | 272 |
| | 영어 | 340 |
| | 선택 | 204 |
| | 창의적 체험 활동 | 306 |
| 총 수업 시간 수 | | 3,366 |

* 학년군과 교과군 개념을 도입하고, 1시간 수업은 45분을 원칙으로 한다. 기후 및 계절, 학생의 발달 정도, 학습 내용의 성격 등과 학교 실정을 고려하여 탄력적으로 편성 · 운용할 수 있다.
* 학교군 및 교과군별 시간 배당은 연간 34주를 한 3년간의 기준 수업 시수를 나타내며, 총 수업 시간 수는 3년간의 최소 수업 시수이다.
* 선택 과목은 한문, 정보, 환경, 생활 외국어, 보건, 진로와 직업 등이고, 학기당 이수 과목 수를 8개 이하로 편성한다.

(2) 학교는 학생들이 이수해야 할 3년간의 교과목을 학년별, 학기별로 편성하여 안내한다.
(3) 교과군의 이수 시기와  수업 시수는 학교가 자율적으로 결정할 수 있다.

(4) 학생의 특성, 학생 · 교사 · 학부모의 요구 및 필요에 따라 학교가 자율적으로 교과군 수업 시수를 20 % 범위 내에서 증감하여 운영할 수 있다.

(5) 교육 효과를 높이기 위하여 학생이 이수해야 할 학기당 이수 교과목 수를 8개 이내로 편성하도록 한다.

## 04 중학교 과학과 내용 체계

과학의 내용은 '물질과 에너지' 와 '생명과 지구' 의 2개 분야로 구성하되, 기본 개념과 탐구 과정이 학년군과 분야 간에 연계되도록 한다. 그리고 과학을 기술, 공학, 예술, 수학 등 다른 교과와 관련지어 통합적이고 창의적으로 사고할 수 있는 능력을 신장시키도록 한다. 과학에서는 학생 수준에 따라 관찰, 실험, 조사, 토론 등 다양한 탐구 활동 중심의 학습이 이루어지도록 한다. 개별 활동뿐만 아니라 모둠 활동을 통해 비판성, 개방성, 정직성, 객관성, 협동성 등 과학적 태도와 의사소통 능력을 기르도록 한다.

과학의 기본 개념을 학습자의 경험과 친근한 상황 속에서 지도하고, 학습한 지식과 탐구 방법으로 과학적 문제나 사회 문제를 적극적으로 해결하려는 태도를 길러 과학이 기술의 발달과 우리 사회에 영향을 미치며 이들이 상호 관련되어 있음을 인식할 수 있도록 한다.

<table>
<tr><th>학년군<br>분야</th><th colspan="5">중학교 1~3학년군</th></tr>
<tr><td>물질과 에너지</td><td rowspan="2">과학이란?</td><td>• 힘과 운동<br>• 열과 우리 생활<br>• 분자 운동과 상태 변화</td><td>• 물질의 구성<br>• 빛과 파동<br>• 물질의 특성<br>• 일과 에너지 전환</td><td>• 전기와 자기<br>• 화학 반응에서의 규칙성<br>• 여러 가지 화학 반응</td><td rowspan="2">과학과 인류 문명</td></tr>
<tr><td>생명과 지구</td><td>• 지구계와 지권의 변화<br>• 광합성<br>• 수권의 구성과 순환</td><td>• 기권과 우리 생활<br>• 소화 · 순환 · 호흡 · 배설<br>• 자극과 반응</td><td>• 태양계<br>• 생식과 발생<br>• 유전과 진화<br>• 외권과 우주 개발</td></tr>
</table>

## 05 중학교 1~3학년군 성취 기준

(1) 기초 탐구 능력의 바탕 위에 통합 탐구 과정이 포함된 탐구 활동을 통하여 종합적인 과학 탐구 능력을 기른다.

(2) '과학이란?' 영역을 통하여 과학에 대한 흥미와 호기심을 갖고, 과학을 학습하려는 태도를 기른다.

(3) '물질과 에너지' 분야에서는 힘과 운동, 열과 우리 생활, 분자 운동과 상태 변화, 물질의 구성, 빛과 파동, 물질의 특성, 일과 에너지 전환, 전기와 자기, 화학 반응에서의 규칙성, 여러 가지 화학 반응으로 물질과 에너지의 주요 과학 개념을 이해한다.

(4) ‘생명과 지구’ 분야에서는 지구계와 지권의 변화, 광합성, 수권의 구성과 순환, 기권과 우리 생활, 소화 · 순환 · 호흡 · 배설, 자극과 반응, 태양계, 생식과 발생, 유전과 진화, 외권과 우주 개발의 주요 과학 개념을 이해한다.

(5) ‘과학과 인류 문명’ 영역에서는 과학의 발전이 인류에 미치는 영향과 과학 원리가 첨단 과학 기술에 응용된 사례를 알고, 과학과 과학 이외의 분야와의 관계를 이해한다.

## 06 중학교 1~3학년군 세부 내용

(1) 과학이란?

이 영역은 중학교 1~3학년군 과학의 도입 단원으로서, 학생들이 과학에 흥미와 관심을 갖게 한다. 과학이 우리 생활과 밀접한 관련을 가지고 있음을 알게 하고, 미래의 직업 선택에 유용한 정보를 제공한다.

과학이 우리 생활과 밀접한 관련이 있는 문제를 해결해 온 사례를 통하여 과학에 대한 관심과 흥미를 높이고 유용성을 이해하게 한다. 과학 관련 직업의 종류를 조사하고 과학이 직업 선택과 우리 생활에 미치는 영향을 알게 한다.

**학습 내용 성취 기준**

① 관심과 흥미 있는 사례를 통하여 과학의 유용성을 이해한다.
② 과학이 우리 생활에 많은 영향을 미치고 있음을 안다.

**탐구 활동**

(가) 과학 관련 직업 조사하기
(나) 과학이 우리 생활에 미치는 영향 조사하기

(2) 지구계와 지권의 변화

이 영역에서는 지구계의 정의와 지구계를 구성하는 요소를 다룬다. 지구는 하나의 계이며, 지구계 내의 생명체도 계의 상호 작용으로 유지됨을 아는 것은 지구계와 지구에서 살아가는 생명체가 유지되는 원리를 이해하게 되는 기본적인 과정이다.

과학 교과에서 다루는 순환계, 생태계, 소화계 등 여러 가지 계를 학습하여 지구계 및 지구계의 구성 요소와 특징을 알게 한다. 또한 지구계 각 권들의 상호 작용을 알고, 에너지와 물질의 순환이 관련되어 있음을 이해하게 한다. 특히 지구계의 구성 요소 중 지권의 특징에 대해 알고, 지진과 화산 활동 등 지권의 변화가 우리 생활에 미치는 영향을 바르게 이해하고 지구 환경 변화에 대한 대책 수립의 필요성을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군 ‘지구와 달’, ‘화산과 지진’, ‘지층과 화석’과 연계된다.

이 영역에서는 지구계의 정의와 개념을 간단히 다루며, 판 구조론을 과학사적 관점에서 학습하게 한다.

### 학습 내용 성취 기준

① 지구계의 정의를 알고 과학 교과에서 다루는 계와 관련된 내용(순환계, 생태계, 소화계 등)을 이해한다.
② 지구계의 구성 요소가 지권, 수권, 기권, 생물권, 외권임을 알고 각 권의 특징과 지구계 내에서 물질과 에너지 순환이 일어남을 안다.
③ 지권은 다양한 암석과 광물로 구성되어 있으며, 지권을 이루고 있는 물질은 순환하고 있음을 이해한다.
④ 광물과 암석이 우리 생활의 여러 분야에 다양하게 이용되고 있음을 안다.
⑤ 지진파를 이용하여 지구 내부의 층상 구조에 대해 탐사하는 방법을 알고, 각 층의 특징을 이해한다.
⑥ 판 구조론의 발달 과정을 과학사적 관점에서 이해하고, 판의 운동과 지진, 화산 활동을 연계하여 설명한다.
⑦ 지진이나 화산 활동을 포함한 지구 환경의 변화가 우리 생활에 미치는 영향을 이해하고 대책을 안다.

### 탐구 활동

(가) 광물과 암석 관찰하고 분류하기
(나) 지구 내부 구조 탐사 방법 조사 및 지구 내부 모형 만들기
(다) 지구계의 구성 요소와 각 권의 상호 작용 사례 조사하기

(3) 힘과 운동

이 영역에서는 힘과 운동 및 이들의 관계를 다룬다. 힘과 운동을 다양한 상황에서 과학적으로 설명하고 '힘과 운동'에서의 과학 용어가 일상생활에서 사용되는 힘의 용어와 그 쓰임새가 다름을 아는 것이 중요하다.

물체의 직선 운동에서는 속력이 일정한 운동과 속력이 일정하게 증가하거나 감소하는 운동을 다룬다.

이 영역의 학습을 통하여 힘은 두 물체 사이의 상호 작용임을 알게 하고, 상호 작용에는 접촉에 의한 상호 작용과 멀리 떨어져 있는 물체 사이의 상호 작용이 있음을 알게 한다. 또한 중력, 탄성력, 마찰력, 전기력, 자기력 등을 다루며 각각의 특징에 대하여 알고, 이러한 힘들이 물질, 생명, 지구와 우주에서 일어나는 많은 현상에 작용하고 있음을 알게 한다.

나란하게 작용하는 두 힘과 나란하지 않게 작용하는 두 힘의 합력을 구할 수 있으며, 물체에 작용하는 알짜힘과 운동의 관계를 이해하게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군의 '물체의 빠르기'에서 학습한 물체의 운동 모습의 정성적 관찰과 여러 가지 방법으로 비교한 물체의 빠르기 개념과 연계된다.

### 학습 내용 성취 기준

① 힘은 두 물체 사이의 상호 작용임을 이해하고, 접촉에 의한 상호 작용뿐만 아니라 멀리 떨어져 있는 물체 사이의 상호 작용이 있음을 안다.
② 중력, 탄성력, 마찰력, 전기력, 자기력 등 여러 가지 힘의 특징을 알고 이들이 주변의 현상을 이해하는 데 어떻게 활용되는지 이해한다.
③ 한 물체에 작용하는 두 힘의 합력을 구할 수 있고 알짜힘을 안다.
④ 거리 – 시간, 속력 – 시간 그래프를 해석하여 물체의 운동을 설명할 수 있다.
⑤ 물체의 운동을 관찰하여 힘의 작용에 대하여 알고, 이를 통하여 힘과 운동의 관계를 안다.

### 탐구 활동

(가) 탄성력의 세기 측정하기
(나) 힘의 합력을 구하고 화살표를 이용하여 나타내기
(다) 동영상을 이용하여 낙하하는 물체의 운동 분석하기
(라) 빠르기의 변화가 일정한 물체에 작용하는 알짜힘 구하기

(4) 광합성

이 영역은 식물 세포의 구조를 알고 동물 세포와 비교하여 식물 세포의 특징을 이해하며, 뿌리, 줄기, 잎 등의 식물 기관은 식물 세포들의 유기적 구성으로 이루어져 있고, 그 구조적 특징이 식물의 광합성과 관련되어 있음을 이해시키기 위해 설정되었다.

식물은 동물과 달리 광합성을 하여 스스로 양분을 합성할 수 있음을 알게 한다. 광합성은 잎의 기공을 통해 들어온 대기 중의 이산화 탄소와 뿌리에서 흡수한 물을 이용하여 에너지원을 만드는 과정으로, 식물 세포 내 엽록체에서 일어남을 알게 한다. 광합성 결과 잎에서 만들어진 양분은 이동하기에 알맞은 형태로 전환되어 식물체 전체로 이동하여 저장되고 사용됨을 알게 한다. 식물도 생명체이므로 호흡을 하며, 호흡에 필요한 물질과 호흡의 결과 생겨나는 물질이 광합성과는 반대임을 이해하게 한다.

이 영역은 현미경 사용법과 식물의 뿌리, 줄기, 잎의 구조를 학습한 초등학교 5~6학년군 ‘식물의 구조와 기능’과 연계된다.

이 영역에서는 식물의 구조와 기능의 연관성을 기능 중심으로 이해하도록 한다.

### 학습 내용 성취 기준

① 식물 세포와 동물 세포의 구조를 비교하여 식물 세포의 특징을 안다.
② 세포가 모여 조직을 이루며, 조직이 모여 기관을 이루는 식물체의 유기적 구성 단계를 안다.
③ 식물 뿌리에서의 물과 무기 양분의 흡수, 줄기에서의 물과 양분의 이동 그리고 잎의 증산 작용 등을 광합성과 관련지어 이해한다.

④ 광합성이 일어나는 장소, 광합성에 필요한 물질과 광합성으로 생성되는 물질을 안다.
⑤ 광합성 결과 생긴 양분의 전환, 이동, 저장, 사용 과정을 이해한다.
⑥ 식물의 호흡과 광합성의 관계를 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 관다발 관찰하기
(나) 잎의 구조 관찰하기
(다) 광합성에 영향을 미치는 환경 요인 알아보기
(라) 광합성에 영향을 미치는 조건 탐구하기

(5) 열과 우리 생활

이 영역에서는 온도와 열을 다룬다. 온도는 질량, 시간, 길이와 같은 기본적인 물리량이다. 또 열은 온도와 관련되어 체온 유지, 실내의 냉난방, 폐열의 이용, 지구 온난화 등 우리 주변의 여러 가지 열 현상을 이해하는 데 필수적인 개념으로 과학에서 중요하게 다루고 있다.

온도는 분자 운동 모형을 통하여 물체의 차갑고 뜨거운 정도를 나타내는 물리량이며, 두 물체의 온도가 같으면 열의 이동이 없는 열평형 상태에 있음을 알게 한다. 열의 이동 방법에는 전도, 대류, 복사가 있고 일상생활에서 열의 이동이 어떻게 이용되는지 알게 한다. 또한 물질마다 비열과 열팽창 정도가 다름을 알고 이를 일상생활에 적용하게 한다. 아울러 우리 생활에서 열에너지와 관련된 다양한 예를 찾을 수 있게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군의 '온도와 열'과 연계되며, 중학교 1~3학년군의 '분자 운동과 상태 변화'로 연계된다.

**학습 내용 성취 기준**

① 온도를 분자 운동 모형으로 이해하고, 온도가 우리 생활에 미치는 영향을 안다.
② 물체 사이의 온도가 다르면 열평형 상태에 도달할 때까지 열의 이동이 일어남을 이해한다.
③ 열의 이동 방법에는 전도, 대류, 복사가 있음을 알고 각각의 특징을 안다.
④ 물체에 따라 비열과 열팽창 정도가 다름을 알고, 이를 활용한 예를 안다.
⑤ 냉난방 기구 사용, 주방 기구 사용, 단열과 폐열의 활용, 지구 온난화 같은 일상생활에서 열에너지와 관련된 사례를 열의 이동 방법과 관련지어 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 액체와 고체에서 열의 이동 관찰하기
(나) 질량이 같은 두 물체의 비열 비교하기
(다) 효율적인 단열재 찾기

(6) 분자 운동과 상태 변화

이 영역에서는 기체 분자의 운동에 따른 현상과 상태 변화에서 관찰되는 여러 특성을 분자적 관점에서 다룬다. 기체는 압력 및 온도 변화에 따라 분자 운동이 달라지고 이에 따라 부피가 변한다. 이러한 개념은 고압 기체의 저장, 열기구, 기상 현상 등 우리 주변에서 일어나는 현상들을 이해하는 데 필요하다.

분자가 운동하고 있음을 이해하고, 현상적으로 관찰되는 온도 및 압력 변화에 따른 기체의 부피 변화가 분자의 운동 상태 변화에 따른 분자의 배열 변화로 나타나는 것임을 알게 한다.

액화 – 기화, 융해 – 응고, 승화의 상태 변화 특성을 물리적 변화로서 이해하게 한다. 상태에 따른 분자 배열의 차이를 입자적 관점에서 설명하고, 배열의 차이와 상태 변화에서 출입하는 열에너지가 관계가 있음을 이해하게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군의 '물의 상태 변화'와 5~6학년군의 '온도와 열', '용해와 용액', '여러 가지 기체'의 후속 학습이다.

**학습 내용 성취 기준**

① 증발 또는 확산 현상을 통하여 분자가 운동하고 있음을 알고, 모형을 이용하여 분자 운동을 설명한다.
② 압력과 기체의 부피의 관계를 실험 또는 자료 해석으로 알아내고, 압력 변화에 따른 기체 분자의 배열 및 운동 상태 변화를 분자 모형으로 설명한다.
③ 온도와 기체의 부피의 관계를 실험 또는 자료 해석으로 알아내고, 온도 변화에 따른 기체 분자의 배열 및 운동 상태 변화를 분자 모형으로 설명한다.
④ 여러 가지 물질의 융해, 응고, 액화, 기화, 승화 현상을 관찰하고, 상태 변화가 물리적 변화임을 안다.
⑤ 상태 변화에서 관찰되는 현상적 변화를 분자 모형을 이용하여 분자 배열의 차이로 설명한다.
⑥ 상태 변화 과정에서 온도 변화를 측정하고, 이로부터 상태 변화와 열에너지와의 관계를 이해한다.
⑦ 상태에 따른 분자 배열의 차이와 열에너지의 관계를 분자 운동으로 설명한다.

**탐구 활동**

(가) 증발 및 확산 등을 통하여 분자가 운동하고 있음을 탐구하기
(나) 압력과 기체의 부피 관계를 실험 또는 자료 해석으로 알아보기
(다) 온도와 기체의 부피 관계를 실험 또는 자료 해석으로 알아보기
(라) 상태가 변할 때 나타나는 현상을 관찰하여 상태 변화 특성 탐구하기
(마) 상태 변화와 열에너지의 관계 알아보기

(7) 수권의 구성과 순환

이 영역에서는 지구계의 구성 요소인 수권의 분포와 물이 인간이 살아가는 데 소중한 자원임을 다룬다. 물은 인체를 구성하는 주요한 성분이고, 지구 표면의 약 70 %를 차지하고 있으며 지구 환경의 변화에 많은 영향을 주고 있다.

수권은 해수와 담수로 나눌 수 있으나, 이 영역에서는 빙하와 지하수까지 구분하여 자원으로서의 물과 지구 환경에 영향을 주는 물의 역할을 다룬다.

해수의 물리적 특성과 이에 영향을 주는 요인에 대해 알고 해수의 표층 순환과 심층 순환의 생성 원리와 해수 순환의 기능을 알게 한다. 또 우리나라 주변의 해류와 해양 자원의 가치를 해양 산업과 연계하여 알게 한다. 이 영역을 통하여 빙하의 형성과 분포, 물리적 특성에 대해 알고 빙하 연구가 기후 변화 해석에 활용될 수 있음과 인간 활동으로 인해 수권에 생기는 변화와 기후 변화와의 관계를 이해하게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군의 '지구와 달', '지표의 변화'와 연계된다.

**학습 내용 성취 기준**

① 지구계의 구성 요소인 수권은 담수와 해수, 빙하, 지하수로 이루어짐을 알고, 물이 소중한 자원임을 이해한다.
② 지구계의 구성 요소로서 빙하를 이해하고, 빙하의 형성과 분포, 물리적 특성을 알고, 이를 기후 변화 해석 등에 활용할 수 있음을 이해한다.
③ 염분에 영향을 주는 요인을 알고 염분비 일정 법칙을 이해한다.
④ 깊이에 따른 해수 온도 분포를 이해하고, 깊이에 따라 혼합층, 수온 약층, 심해층으로 구분됨을 안다.
⑤ 해수 순환의 원리와 순환의 기능에 대해 알고, 우리나라 주변 해류의 종류와 특성에 대해 이해한다.
⑥ 해양 자원의 소중함을 알고 인간 활동이 해양에 미치는 영향과 해양 보존의 방안에 대해 안다.

**탐구 활동**

(가) 빙하 연구 결과를 해석하고 기후 변화와의 관계 알아보기
(나) 해수의 수온 연직 분포 실험하기
(다) 수온과 염분의 차이에 따른 순환의 원리 알아보기
(라) 우리 생활에서 해양 자원을 이용하는 예와 보존 방안 찾아보기

(8) 물질의 구성

이 영역에서는 원소와 원자, 원소 기호, 이온을 다룬다. 원소의 개념은 물질을 이루는 근본으로서 화학에서 가장 기본적인 개념이다. 원소는 원소 기호라는 상징으로 나타내며, 이를 사용하여 화학 반응을 표현한다. 물질이 원자로 이루어져 있다는 원자론은 물질의 성질을 이해하는 기본적인 개념이다.

물질을 구성하는 입자로서의 원자의 개념을 다루고, 원소 기호를 사용하여 원소와 간단한 화합물을 표현하게 한다. 또, 원자에서 전자가 이동하여 이온이 형성됨을 알고, 이온 간의 앙금 반응을 통해 이온의 종류를 알게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군의 '용해와 용액', 중학교 1~3학년군의 '분자 운동과 상태 변화'의 후속 학습으로 중학교 1~3학년군의 '화학 반응에서의 규칙성', '여러 가지 화학 반응'과 연계된다.

#### 학습 내용 성취 기준

① 모든 물질은 원소로 이루어져 있음을 알고, 대표적인 여러 가지 원소를 원소 기호로 나타낸다.
② 원소는 물질을 구성하는 원자로 구성되고 원자는 원자핵과 전자로 구성되어 있음을 알고, 이를 모형을 사용하여 나타낸다.
③ 원자가 전자를 잃으면 양(+)이온, 전자를 얻으면 음(－)이온이 됨을 알고, 원소 기호를 사용해 이온식으로 나타낸다.
④ 이온의 형성을 모형으로 나타내고, 앙금생성 반응을 통해 이온의 종류를 안다.
⑤ 우리의 주변에 이온이 존재함을 알고, 이온이 사용되는 예를 안다.
⑥ 간단한 화합물을 원소 기호로 나타낸다.

#### 탐구 활동

(가) 불꽃 반응 등의 실험을 통해 원소의 종류 알아보기
(나) 이온이 전하를 띠고 있음을 확인할 수 있는 탐구 활동 고안하기
(다) 앙금생성 반응을 통해 이온의 종류를 알아보기
(라) 모형을 사용하여 원자와 이온을 나타내기

(9) 빛과 파동

이 영역에서는 빛과 파동을 다룬다. 사람은 눈과 귀를 통하여 빛과 소리의 다양한 정보를 받아들이므로 빛과 파동에 대한 이해는 중요하다. 특히 이 영역은 영상 기술, 미술, 음악 등 다른 교과와 밀접한 관계가 있다.

물체를 보는 원리를 알고, 빛의 삼원색과 색의 합성을 통하여 백색광의 구성을 알고, 여러 가지 색의 빛이 합성되는 원리를 학습하여 컴퓨터 모니터나 텔레비전 화면의 다양한 색깔 표현 방식을 이해하게 한다.

빛의 진행에 대한 이해를 바탕으로, 거울에 물체가 비치는 현상에 빛의 반사 법칙을 적용하고, 렌즈에 의해 상이 생기는 원리를 빛의 굴절 법칙을 적용하여 이해하게 한다. 또한 매질에 대한 이해를 바탕으로 파동의 발생과 전파 과정을 알고 파동의 여러 가지 물리적 특성을 이해하게 한다. 이를 바탕으로 소리가 들리는 과정과 여러 가지 악기가 내는 소리의 특성을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군의 '소리의 성질', 5~6학년군의 '렌즈의 이용'에서 학습한 소재, 현상적 경험과 연계된다.

#### 학습 내용 성취 기준

① 물체를 보는 원리를 안다.
② 빛의 삼원색으로 다양한 빛을 합성할 수 있음을 알고, 이 원리가 영상 장치에 활용되는 것을 안다.

③ 여러 가지 거울과 렌즈를 통해 나타나는 상을 관찰하고, 평면 거울과 볼록 렌즈에 의한 상의 생성 원리를 이해한다.
④ 파동이 발생하는 과정과 파동의 종류를 안다.
⑤ 파동의 진행에서 반사와 굴절 현상을 이해한다.
⑥ 소리가 들리는 과정을 알고 파동의 진폭, 진동수, 파형으로부터 소리의 세기, 높낮이, 맵시를 안다.

**탐구 활동**

(가) 컴퓨터 모니터를 이용한 빛의 삼원색과 색의 합성 원리 탐구하기
(나) 일상생활에서 사용되는 거울과 렌즈의 종류를 찾고 특징 비교하기
(다) 물결파 실험 장치를 이용하여 파동의 성질 관찰하기
(라) 파형 분석을 통한 여러 가지 악기의 특성 분석하기
(마) 빛이나 파동 현상이 기술과 예술 등 다른 분야에서 활용되는 예를 찾아보기

(10) 기권과 우리 생활

이 영역에서는 기권의 특징과 변화를 다룬다. 기권의 변화는 날씨에 영향을 주어 우리 생활과 밀접한 관계가 있고, 공기는 생물이 생명을 유지하는 데 필수적인 요소이다. 기권의 변화에 따라 지구계 내에 다양한 현상이 나타남을 이해하게 한다.

기권은 지구계의 구성 요소로서 기온의 연직 분포에 따라 층상 구조를 가지며, 기권의 순환이 지구계의 에너지 평형에 끼치는 영향을 이해하게 한다.

대기 중에 있는 수증기의 변화는 기상 변화를 일으키며, 기권의 순환과 기상 현상은 일기 예보뿐만 아니라 기상 마케팅과 같은 산업 등 우리 생활과 밀접한 관련이 있음을 알게 한다. 또 인간의 활동이 기권의 변화에 영향을 주어 지구 온난화 등의 문제가 발생함을 이해하게 하고, 인간 생활과 기권은 서로 영향을 주고받는다는 것을 알게 한다.

수권의 순환과 연계하여, 기권의 변화는 기권 내에서만 일어나는 것이 아니라 다른 권들과 밀접한 상호 작용으로 나타남을 이해하게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군의 '온도와 열', '여러 가지 기체', '날씨와 우리 생활' 그리고 중학교 1~3학년군의 '수권의 구성과 순환'의 후속 학습이다.

**학습 내용 성취 기준**

① 기권은 기온의 연직 분포에 따라 대류권, 성층권, 중간권, 열권으로 구분됨을 알고 각 층의 특징에 대해 이해한다.
② 태양이 지구계의 주요한 에너지원이며 위도에 따른 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지의 평형을 이해한다.
③ 탄소의 순환 과정을 알고, 탄소 순환을 지구 온난화와 관련지어 이해한다.

④ 대기 중의 수증기량과 이슬점, 포화 수증기량, 상대 습도, 단열 팽창 및 응결 현상의 관계를 이해하고, 구름의 생성과 강수 과정에 대해 안다.
⑤ 기압의 개념과 크기 및 단위에 대해 알고, 지표면의 차등 가열에 따른 온도 차이 때문에 기압의 변화가 발생하여 바람이 불게 됨을 안다.
⑥ 대기 대순환과 순환의 분포가 생기는 원인을 알고, 대기 대순환과 해양의 표층 순환을 관련지어 이해한다.
⑦ 기단과 전선, 고기압과 저기압에서 나타나는 기상 현상을 알고 이를 날씨의 변화와 관련지으며, 기상 현상이 우리 생활에 미치는 영향을 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 복사 평형 실험하기
(나) 구름 발생 실험하기
(다) 대기 대순환과 해수의 순환의 관계 알아보기
(라) 지구 온난화가 우리 생활에 미치는 영향을 알아보고, 미래의 변화 예측해 보기

### (11) 소화 · 순환 · 호흡 · 배설

이 영역은 생명 활동에 필요한 에너지 공급과 관련된 소화, 순환, 호흡, 배설 기관의 유기적 관련성을 통합적으로 다룬다.

동물 세포들은 유기적으로 모여 조직과 기관을 형성하여 생명 유지 활동에 필요한 기능을 수행함을 알게 한다. 동물이 섭취한 음식물은 소화 기관을 지나면서 크기가 작은 영양소로 분해되어 흡수되고, 흡수된 영양소는 혈액을 통해 온몸을 순환하여 신체 각 부분의 세포로 이동함을 알게 한다.

영양소는 세포에서 산소를 사용하여 에너지를 생성함으로써 생명 활동에 필요한 에너지를 공급함을 이해하게 한다. 그 과정에서 만들어진 노폐물은 배설 기관을 통하여 몸 밖으로 나오게 됨을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군 ‘우리 몸의 구조와 기능’의 후속 학습이다.

이 영역에서는 각 기관의 기능을 중심으로 학습하게 한다.

**학습 내용 성취 기준**

① 세포가 모여 조직을 이루며, 조직이 모여 기관을 이루는 동물체의 유기적 구성 단계를 안다.
② 체내에 들어온 음식물이 소화 기관을 지나면서 소화되는 과정을 이해하고, 최종 소화 산물이 흡수되는 과정을 안다.
③ 혈액의 성분과 기능을 알고, 혈액 순환과 관련지어 심장과 혈관의 구조와 기능을 이해한다.
④ 호흡 기관의 구조와 기능을 이해하고, 동물의 체내에서 에너지가 생성됨을 안다.
⑤ 배설 기관의 구조와 기능을 이해한다.
⑥ 소화, 순환, 호흡, 배설의 관계를 통합적으로 이해한다.

### 탐구 활동

(가) 영양소 검출하기
(나) 소화 작용 실험하기
(다) 혈액 관찰하기

⑿ 물질의 특성

이 영역에서는 물질마다 고유하게 가지고 있는 특성과 이를 이용한 혼합물의 분리에 대해 다룬다. 원유의 분리 등과 같이 혼합물의 분리가 생활에 사용되는 경우가 많아 물질의 특성에 대한 학습이 필요하다.

물질은 순수한 한 종류만으로 이루어진 순물질과 두 가지 이상의 순물질이 섞여 있는 혼합물로 분류할 수 있다. 녹는점과 어는점, 끓는점, 밀도, 용해도 등은 물질마다 고유한 값을 가지므로 물질의 특성이 된다. 이러한 물질들의 특성을 이용하여 혼합물을 각 물질로 분리할 수 있고, 우리 생활 주변에서 자주 이용하고 있음을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군의 '물체와 물질', '혼합물의 분리', 5~6학년군의 '용해와 용액'의 후속 학습이다.

### 학습 내용 성취 기준

① 우리 주변에서 볼 수 있는 여러 물질들을 순물질과 혼합물로 구분하고 그 차이를 이해한다.
② 여러 가지 순물질의 녹는점과 어는점, 끓는점, 밀도, 용해도 등을 측정하고, 이들이 물질의 특성이 될 수 있음을 이해한다.
③ 물질의 특성을 이용하여 혼합물을 분리한다.
④ 우리 주변에서 사용되는 혼합물 분리의 예를 안다.

### 탐구 활동

(가) 녹는점, 끓는점, 밀도, 용해도 등의 물질의 특성 측정하기
(나) 물질의 특성을 이용하여 혼합물 분리하기
(다) 우리 주변에서 사용되는 혼합물 분리의 예 찾아보기

⒀ 일과 에너지 전환

이 영역에서는 일과 에너지의 전환을 다루며, 에너지는 한 형태에서 다른 형태로 전환되는 것으로, 새롭게 생겨나거나 없어지지 않는 물리량임을 이해한다. 에너지는 물리 현상뿐만 아니라 생명 현상, 우주의 탄생과 기원 등 많은 분야와 관련된 개념이며, 일은 에너지와 밀접한 관련이 있는 개념이다.

일과 에너지의 정의를 알고 둘 사이의 관계를 이해하며, 일률과 일의 원리를 도구 사용 사례에 적용할 수 있다.

'힘과 운동' 과 연계하여 운동 에너지와 위치 에너지를 알고 역학적 에너지 보존 법칙을 이해하게 한다. 에너지는 다른 형태로 전환되지만 총량은 변하지 않음을 알게 한다. 빛에너지, 열에너지, 전기 에너지, 소리 에너지, 신 · 재생 에너지 등 여러 종류의 에너지를 알고, 그 특징을 이해하게 한다. 또한 에너지는 인류의 미래와 밀접한 관련이 있음을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군의 '온도와 열', '전기의 작용', 중학교 1~3학년군의 '열과 우리 생활' 의 후속 학습이며, 중학교 1~3학년군의 '전기와 자기' 와 연계된다.

**학습 내용 성취 기준**

① 일과 일률의 정의를 알고, 일과 에너지의 관계를 안다.
② 간단한 도구를 이용하여 일의 원리를 이해하고, 도구를 유용하게 사용하는 예를 안다.
③ 운동 에너지와 위치 에너지를 알고 역학적 에너지 보존 법칙을 이해한다.
④ 빛에너지, 열에너지, 전기 에너지, 소리 에너지, 신 · 재생 에너지 등 여러 형태의 에너지 종류와 특징을 알고, 인류의 미래에서 에너지의 중요한 역할을 이해한다.
⑤ 에너지 전환의 예를 일상생활에서 찾고, 전환 과정에서 에너지가 보존됨을 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 지레를 이용한 일의 원리 실험하기
(나) 낙하하는 물체의 역학적 에너지 보존 법칙 확인하기
(다) 신 · 재생 에너지를 비롯한 여러 가지 에너지의 특징 조사하기

(14) 자극과 반응

이 영역에서는 인간의 감각 기관이 외부 자극을 감지하여 신경계와 내분비계를 거쳐 자극에 대한 반응을 나타냄으로써 환경 변화에 대처하여 몸을 최적의 상태로 유지시킬 수 있음을 다룬다.

인체에는 시각, 후각, 청각, 평형 감각, 미각, 피부 감각 등을 체내로 전달하는 감각기가 있어 서로 다른 자극을 감지할 수 있음을 이해하게 한다. 뉴런의 구조와 기능을 이해함으로써 감각 기관에서 감지된 자극이 효율적으로 생물의 신경계에 전달될 수 있음을 알게 한다. 또한 신체로 전달된 서로 다른 자극이 신경과 흐르몬 등을 통해 서로 다른 반응을 나타냄으로써 환경의 변화에 대처하는 몸의 항상성 유지가 가능함을 이해하게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군의 '우리 몸의 구조와 기능' 과 연계된다.

이 영역에서는 다양한 호르몬의 종류와 기능을 단순하게 소개하는 방법을 지양하고, 우리 몸에서 일어나는 호르몬과 신경의 조절을 통한 항상성 유지 기능을 이해하는 데 초점을 둔다.

**학습 내용 성취 기준**

① 눈, 코, 귀, 혀, 피부 감각기의 구조와 기능을 안다.
② 뉴런 및 신경계의 구조와 기능을 알고, 자극에 대한 반응 경로를 이해한다.
③ 체내 · 외 환경 변화에 대한 신경과 호르몬의 조절 작용으로 항상성이 유지됨을 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 시각 관련 실험하기
(나) 미각 관련 실험하기
(다) 자극에 대한 반응 실험하기

⒂ 전기와 자기

이 영역에서는 전기와 자기와 관련된 현상을 다룬다.

초기의 과학자들은 전기와 자기 현상을 서로 관련이 없는 별개의 것으로 이해하였지만, 실험을 통하여 전류가 흐르는 전선 주변에 자기장이 생긴다는 것을 확인함으로써 이들이 서로 밀접한 관련이 있음을 알게 되었다. 전기와 자기 현상에 대한 이해를 통해 일상생활과 밀접한 관계가 있는 전자기기들의 작동 원리를 알 수 있다.

전하에는 양전하와 음전하가 있음을 알고 물체가 대전되는 과정을 이해하게 한다. 전하를 띤 두 물체 사이에는 전하의 종류에 따라 서로 끌어당기거나 미는 전기력이 작용하며, 이는 원자와 분자 구조에 중요한 역할을 함을 알게 한다. 저항의 직렬 연결과 병렬 연결 회로에 옴의 법칙을 적용하여 저항, 전류, 전압 사이의 관계를 알고 가정에서 사용하는 전기 에너지가 다른 에너지로 전환됨을 알게 한다. 또한 전류가 흐르는 도선 주위에 생기는 자기장의 특성을 이해하고 도선 주위의 자기장이 변하면 도선에 전류가 발생하며, 탐구를 통하여 자기장 속의 도선에 전류가 흐르면 도선에 힘이 작용함을 정성적으로 이해하게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군의 '자석의 이용'과 5~6학년군의 '전기의 작용'에서 학습한 소재와 현상적 경험과 연계된다.

**학습 내용 성취 기준**

① 정전기 유도에 의해 물체가 대전되는 과정을 이해하고, 대전된 전하의 종류에 따라 두 물체 사이에는 서로 밀거나 당기는 정전기력이 작용함을 안다.
② 저항, 전류, 전압 사이의 관계를 알고, 이를 적용하여 저항의 직렬 연결과 병렬 연결의 특징을 이해한다.
③ 가정에서 전기 에너지가 다양한 형태의 에너지로 전환되어 사용되고 있음을 알고, 이를 전기 소비 전력과 관련지어 이해한다.
④ 전류가 흐르는 직선 도선 주위에 생기는 자기장의 특성을 안다.
⑤ 자기장 내의 전류가 흐르는 도선에 작용하는 힘의 특성을 안다.
⑥ 자석을 이용하여 전류가 발생하는 현상을 정성적으로 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 마찰 전기를 이용하여 정전기 유도 현상 실험하기
(나) 전류가 흐르는 도선 주위에 생기는 자기장의 특징 알아보기
(다) 직류 전동기를 이용하여 전동기와 발전기의 원리 알아보기

### ⑯ 화학 반응에서의 규칙성

이 영역에서는 화학 반응이 일어날 때의 규칙성에 대해 다룬다. 화학 반응이 일어날 때 정량적인 관계가 성립한다는 사실은 입자론의 도입을 가져왔으며, 원자 및 분자 개념에 대한 이해는 화학 반응에 대한 입자론적 해석의 바탕이 된다. 우리는 이를 통해 화학 반응의 본질에 대한 기본적인 이해가 가능하다.

화학 반응에서 양적 관계의 규칙성이 나타난다는 사실을 실험을 통해 알고, 이러한 규칙성이 나타나는 이유에 대한 추론을 통해 물질이 입자로 이루어져 있음을 알게 한다. 화학 반응을 원소 기호를 이용해 화학 반응식으로 나타내며, 화학 반응식에서 계수의 의미를 이해하게 한다.

이 영역에서는 화학 변화, 화학 반응식 그리고 화학의 기본 법칙을 다루며, 학습한 내용은 중학교 1~3학년군의 '여러 가지 화학 반응'과 연계된다.

#### 학습 내용 성취 기준

① 일상생활에서 물리 변화와 화학 변화의 예를 안다.
② 화학 반응을 모형으로 설명하고, 이를 통해 화학 변화는 물질을 구성하는 입자의 종류와 배열이 달라지는 것임을 이해한다.
③ 간단한 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낸다.
④ 화학 반응에서 질량 보존 법칙과 일정 성분비 법칙을 모형을 통해 이해한다.
⑤ 화학 반응식에서 계수의 의미를 이해한다.

#### 탐구 활동

(가) 물리 변화와 화학 변화 구분하기
(나) 질량 보존 법칙 실험하기
(다) 일정 성분비 법칙 실험하기
(라) 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타내기

### ⑰ 태양계

이 영역에서는 태양계 천체 중에서 태양, 행성 그리고 지구의 위성인 달의 기본적인 특징과 관측 방법에 대해 다룬다. 망원경의 사용, 천체 관측 등 과학 체험 활동을 통하여 천문학 영역에 대한 흥미와 학습 동기를 갖게 한다.

행성과 위성을 구분하고 행성을 특징에 따라 분류하게 한다. 또 태양이 태양계 내의 유일한 항성이며, 태양의 활동이 지구계에 미치는 영향과 이로 인해 나타나는 현상을 이해하게 한다. 그리고 천체 망원경의 사용법을 학습하여 태양, 달 등의 천체를 관측하고 그 특징을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군 '지구와 달', 5~6학년군 '태양계와 별', '지구와 달의 운동', '계절의 변화', 중학교 1~3학년군 '지구계와 지권의 변화'의 후속 학습으로 중학교 1~3학년군의 '외권과 우주 개발'과 연계된다.

**학습 내용 성취 기준**

① 지구와 달의 모양과 크기를 알고, 자전과 공전으로 인해 나타나는 현상을 이해한다.
② 달의 모양 변화와 일상생활을 연관하여 이해한다.
③ 태양계를 구성하는 천체를 알고, 태양계 행성을 분류하여 그 특징을 알고, 행성도 위성을 가질 수 있음을 안다.
④ 태양은 태양계 내의 유일한 항성임을 알고, 태양의 활동이 지구 자기장 및 인간 생활에 미치는 영향에 대해 이해한다.
⑤ 육안 및 천체 망원경을 이용하여 천체를 관측하고, 이를 통해 천체의 특징을 안다.

**탐구 활동**

(가) 지구의 크기를 측정하고 달의 크기와 비교하기
(나) 달의 모양 변화와 관련된 일상생활의 예 찾아보기
(다) 육안 및 망원경으로 천체 관측하기
(라) 행성 또는 달 탐사 계획 세우기

⒅ 생식과 발생

이 영역에서는 생물이 세포 분열로 성장하고 번식하는 생명 현상을 다룬다.

생물의 생식 방법인 무성 생식과 유성 생식의 차이점을 비교하게 한다. 세포는 체세포 분열과 생식세포 분열을 통해 성장하고 번식한다. 두 종류의 세포 분열 과정에서 염색체의 행동은 다르지만, 염색체가 유전자로 구성되어 있다는 공통점을 이해하게 한다. 생식세포가 만나 형성된 수정란이 발생 과정을 거쳐 개체가 되는 과정을 사람의 발생 과정을 통해 이해함으로써 생명이 연속되는 현상이 신비하고 소중하다는 것을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군 '동물의 한살이'의 후속 학습으로, 중학교 1~3학년군 '유전과 진화'와 연계된다.

**학습 내용 성취 기준**

① 무성 생식과 유성 생식의 차이점을 이해한다.
② 체세포 분열과 생식세포 분열의 특징을 염색체의 행동을 중심으로 비교한다.
③ 염색체와 유전자의 관계를 이해한다.
④ 생식세포가 만나 형성된 수정란으로부터 사람이 발생되는 과정을 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 효모의 출아 관찰하기
(나) 체세포 분열 관찰하기
(다) 생식세포 분열 관찰하기

(19) 여러 가지 화학 반응

이 영역에서는 생활에서 접할 수 있는 대표적인 화학 반응인 산과 염기의 중화 반응과 산화와 환원 반응을 다룬다.

일상생활에서 산과 염기의 반응, 산화와 환원 반응이 존재함을 알고, 이를 통해 화학이 유용하게 쓰임을 알고 화학에 대한 긍정적인 태도를 함양할 수 있다.

일상생활에서 산과 염기의 대표적인 예를 들고, 수용액에서의 이온화 과정을 화학 반응식으로 나타내며, 중화 반응이 일어날 때의 변화를 이해하게 한다. 또한 대표적인 산화와 환원 반응을 산소의 이동으로 이해하게 한다.

이 영역은 초등학교 5~6학년군의 '산과 염기'와 중학교 1~3학년군의 '물질의 구성' 단원과 연계된다.

이 영역에서는 산과 염기의 반응, 산화와 환원 반응을 화학 반응식으로 표현하고 이해하게 한다.

**학습 내용 성취 기준**

① 우리 주변에서 볼 수 있는 산과 염기의 특징을 알고, 수용액에서 산과 염기의 이온화를 이온식으로 나타낸다.
② 중화 반응에서 일어나는 지시약의 색 변화와 온도 변화를 관찰하고, 용액의 성질과 온도 변화를 이해한다.
③ 중화 반응을 이온 모형을 통해 이해하고, 이를 이온 반응식으로 나타낸다.
④ 산화와 환원 반응을 산소의 이동으로 이해한다.
⑤ 일상생활에서 산화와 환원 반응의 예를 들 수 있다.

**탐구 활동**

(가) 중화 반응에서 일어나는 현상 관찰하기
(나) 중화 반응을 이온 모형으로 표현하기
(다) 산소와 결합하는 산화 반응 실험하기
(라) 일상생활에서 산화와 환원 반응 조사하기

(20) 유전과 진화

이 영역에서는 부모의 형질이 자손에게 전달되는 유전 현상과 생물의 다양성이 생물의 진화와 관련되어 있음을 다룬다.

멘델 법칙을 통해 부모의 형질이 자손에게 전달되는 유전의 기본 원리를 이해하게 하며, 유전 현상을 연구하는 방법과 사람의 유전 현상을 알게 한다. 현재의 생물이 과거에 살았던 생물과는 다르다는 것을 구체적인 증거를 들어 설명하고, 생물의 다양성이 진화와 관련되어 있음을 이해하게 한다. 다양한 생물에서 공통점과 차이점을 찾아내어 기준에 따라 분류해 보고, 생물을 분류하는 기준과 목적을 알게 한다.

이 영역은 중학교 1~3학년군의 '생식과 발생'과 연계된다.

생물 분류 단계는 '5계' 수준까지만 다룬다.

**학습 내용 성취 기준**

① 부모의 형질이 자손에게 전달되는 현상을 멘델의 유전 법칙을 중심으로 이해한다.
② 유전을 연구하는 방법을 알고, 사람의 유전 현상을 이해한다.
③ 생물의 진화 증거를 들 수 있다.
④ 생물의 다양성을 진화와 관련하여 이해한다.
⑤ 분류의 목적과 기준을 생물의 다양성과 관련하여 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 가계도 자료 해석하기
(나) 최신에 연구된 진화 증거 조사하기
(다) 분류 기준에 따라 계 수준에서 생물 분류하기

(21) 외권과 우주 개발

이 영역에서는 별의 특징, 별까지의 거리, 우주 개발에 대해 다룬다. 우리 은하에 대한 이해를 통해 우주에 대한 흥미와 호기심을 갖게 한다.

별까지의 거리에 따라 그 거리를 측정하는 방법이 다르며, 별의 밝기와 등급, 색과 온도의 관계를 알게 한다. 다양한 은하의 모양, 우리 은하의 모양과 크기, 우리 은하를 구성하는 천체의 종류를 알게 한다. 또한 근거를 통해 우주는 팽창하고 있음을 이해하게 한다. 우주 개발의 목적과 우주 탐사의 역사 및 우주 개발로 인한 영향과 문제점을 알게 한다.

이 영역은 초등학교 3~4학년군의 '태양계와 별', 중학교 1~3학년군의 '태양계'의 후속 학습이다.

**학습 내용 성취 기준**

① 하늘에서 별의 위치를 확인하고, 계절에 따라 관측할 수 있는 별자리가 다름을 안다.
② 별의 거리를 측정하는 방법을 알고, 가까운 별의 거리는 연주 시차로 측정한다.
③ 별의 밝기와 등급으로 절대 등급과 겉보기 등급의 개념을 안다.
④ 별의 표면 온도에 따라 별의 색깔이 다름을 이해한다.
⑤ 우리 은하의 모양과 크기를 알고, 우리 은하는 성단, 성운, 성간 물질로 구성됨을 안다.
⑥ 우주가 팽창하고 있음을 근거를 통해 이해한다.
⑦ 인류의 우주 개발과 우주 탐사의 역사를 알고, 이와 관련된 직업 세계를 안다.
⑧ 인공위성의 개발과 이용이 우리 생활에 미치는 영향에 대해 이해한다.

**탐구 활동**

(가) 시차 측정하기
(나) 우주 과학과 관련된 직업 세계 탐색하기
(다) 우주 정거장을 설계하기

### ⑵ 과학과 인류 문명

이 영역에서는 수많은 첨단 기술과 기기가 과학 원리를 응용한 것이며, 인류에 지대한 영향을 끼쳐 온 과학이 다른 분야와도 밀접하게 관련되어 발전되어 왔음을 다룬다.

과학이 인류 문명에 미치는 영향과 첨단 기술에 응용됨을 아는 것과 과학 관련 사회적 쟁점에 대해 과학적인 방법으로 의견을 제시하는 것은 과학의 성격과 유용성, 과학적 방법을 이해하는 데 중요하다.

이 영역에서는 주로 조사와 토론의 방법으로 이러한 내용을 다룬다. 과학이 인류 문명에 끼쳐온 영향을 역사적 사실에 기초하여 이해하게 한다. 원리보다는 활용의 측면에서 첨단 과학 기술의 사례를 자유롭게 조사하여 과학이 일상생활에 미치는 영향을 알게 하고, 미래 생활에 영향을 줄 기술이 무엇인지 근거를 제시하여 예측하게 한다. 또 과학의 개념과 원리가 기술, 공학, 예술이나 수학 등 과학 외의 교과와 관련 있음을 사례를 통해 알게 한다.

인류가 당면한 에너지나 환경 문제와 같은 과학 관련 사회적 쟁점이 있음을 알고, 이에 대한 자신의 의견을 과학적으로 제시하게 한다.

이 영역은 중학교 1~3학년군의 첫 영역인 '과학이란?'에서 과학과 일상생활의 밀접한 관련성과 과학의 유용성을 학습한 후, 중학교 1~3학년군 과학을 통합적으로 다루는 영역이다.

#### 학습 내용 성취 기준

① 우리 생활에 이용되고 있는 첨단 과학의 예를 들 수 있다.
② 과학 개념과 원리가 기술, 공학, 예술, 수학 등과 통합된 사례를 조사한다.
③ 과학의 발전 과정에 기초하여 미래 생활에 영향을 줄 기술이 무엇인지를 말하고 그 근거를 제시한다.
④ 과학이 사회와 문화 예술, 환경 등 우리 생활에 미치는 영향을 안다.

#### 탐구 활동

(가) 첨단 과학과 관련된 기사 조사하여 토론하기
(나) 과학 기술 혁신이 인류 문명에 끼친 영향 토론하기
(다) 미래 생활에 영향을 줄 신기술 조사하여 발표하기
(라) 과학이 기술, 공학, 예술, 수학 등과 통합한 사례 조사하기
(마) 첨단 과학이 사회와 문화 예술, 환경에 미치는 영향 토론하기

# II 교과용 도서의 편찬 방향과 구성

2009 개정 교육과정과 인정 도서 개발상의 유의점 및 각종 연구 보고서 등을 기초로 하여, 교육 목표를 효과적으로 달성하고, 실제 수업에서 교육과정을 충분히 반영할 수 있도록 다각화하였다. 특히 아래에 진술한 교육과정의 개발 정신을 최대한 살렸다.

## 01 교육과정을 충실히 구현하는 교과용 도서

(1) 과학의 목표, 내용 영역과 기준을 충실하게 구현
(2) 교과의 특성을 반영하기 위한 다양한 교수 · 학습 평가 방법 적용
(3) 학생의 발달 단계를 고려하여 교육과정에서 제시한 학습량과 내용 수준의 적정화
(4) 교과 교육과정 내용을 바탕으로 학습의 개별화가 가능한 학습 자료 제공
(5) 학생의 능력과 적성, 진로를 고려하여 교육 내용과 방법을 다양화

## 02 교육 현장의 적합성이 높은 교과용 도서

(1) 교육 · 학습 과정 중심의 교과용 도서
① 학습 지도 계획 작성이 용이한 자료 성격
② 단원 전개 과정에서 학습 방법의 충분한 시사
③ 교수 · 학습 과정의 개선에 기여할 수 있는 내용 구성
④ 정보 기술, 교육용 소프트웨어 등 다양한 교육 매체 활용이 가능한 내용 구성

(2) 교원이 직접 참여하는 현장 친화적인 교과용 도서
① 지역이나 학교의 실정, 교과의 특성에 따라 융통성 있는 운영이 가능하도록 구성
② 연구 · 집필 · 협의진에 다수의 현장 교사가 직접 참여하여 개발

## 03 학습자 중심의 다양하고 질 높은 교과용 도서

(1) 창의 · 인성 교육을 실현할 수 있는 내용 구성
① 학생의 창의성을 발현할 수 있는 교육 내용, 방법, 평가 구안
② 학습의 과정, 탐구 과정, 통합적인 사고력 신장 중시
③ 나눔과 배려의 인성 교육을 구현할 수 있도록 다양한 학습 방법과 활동 제시

(2) 이해하기 쉽고, 재미 있으며 활용하기에 편리하도록 편찬
① 학생의 생활 경험을 반영한 내용 구성으로 흥미와 동기 유발 및 이해력 증진
② 자기 주도적 학습에 도움을 줄 수 있는 내용 구성
③ 다양한 편집 디자인 기법의 도입, 가독성 제고
④ 사례 중심, 직접적인 체험을 중시하는 내용 구성

## 교과서의 구성과 활용 방안

자율성과 창의성을 고려하여 학교 현장에 맞춰 다양하게 교과군에 따라 수업 시수를 조정할 수 있지만, 본 도서에서는 편의상 연간 학년군의 예시로 과학 ① 7개 단원, 과학 ② 7개 단원, 과학 ③ 8개 단원으로 구성하였다. 과학 ①에는 '과학이란?'이라는 도입 단원을 시작으로 과학의 흥미와 호기심을 최대한 이끌게 하였고, 과학 ③에서는 '과학과 인류 문명'을 소개하여 과학이 우리 생활에 이바지한 내용과 첨단 과학을 간단하게 다루었다.

<table>
<tr><th colspan="2">구성과 체제</th><th>내용 및 활용 방안</th></tr>
<tr><td rowspan="2">대단원</td><td>과학자</td><td>단원에서 대표되는 과학자의 대략적인 업적을 소개하면서 시작했다.</td></tr>
<tr><td>단원 소개</td><td>교육과정에서 제시한 내용을 소개하여 학습 내용을 예측하게 하였다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">중단원</td><td>미리 보기</td><td>학습 요소를 체계화하고 학습 내용의 흐름을 파악할 수 있도록 하였다.</td></tr>
<tr><td>주요 개념</td><td>핵심 단어를 설명하고 학습의 방향을 탐색하게 하였다.</td></tr>
<tr><td rowspan="12">소단원</td><td>학습 목표</td><td>학습 목표를 제시하여 학습의 방향을 명확하게 제시하였다.</td></tr>
<tr><td>도입문</td><td>다양한 도입을 시도하여 학생들의 호기심을 최대한 자극하였다.</td></tr>
<tr><td>본문 전개</td><td>스토리텔링 형식의 진술을 하여 학생 스스로 읽다 보면 충분히 이해하며 자기 주도 학습이 가능하게 하였다.</td></tr>
<tr><td>해 보기</td><td>창의적인 체험 활동을 통해 과학의 원리나 법칙을 이해하게 하였다.</td></tr>
<tr><td>탐구 활동</td><td>필수 탐구 중심으로 활동할 수 있도록 하였다. 필요한 곳에 한 걸음 더, 탐구의 확장을 수록하였다.</td></tr>
<tr><td>스스로 해결하기</td><td>학습 내용을 점검하면서 학생 스스로 수업에 참여하게 하였다.</td></tr>
<tr><td>과학 자료실</td><td>개념 원리를 파악하고 응용 문제를 해결하는 데 도움을 주게 하였다.</td></tr>
<tr><td>이미지 사이언스</td><td>과학적 가치가 있는 이미지에 대하여 해설을 하였다.</td></tr>
<tr><td>잠깐 체크</td><td>필요한 곳에 잠깐 체크를 넣어 배운 요소를 상기하게 하였다.</td></tr>
<tr><td>그때 그 사건</td><td>흥미 있는 과학사 중심의 소재를 이용하여 학습에 흥미를 느끼게 하였다.</td></tr>
<tr><td>자기 주도 학습</td><td>소단원 말미에는 스스로 평가할 수 있도록 공간까지 마련하였다.</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">창의·인성</td><td>탐구 활동</td><td>모둠별 탐구 활동을 통해 창의적인 사고와 인성이 길러지도록 하였다.</td></tr>
<tr><td>읽기 자료</td><td>범 교과적인 활동에서 물음이나 토의(토론), 응용 문제를 필요한 곳에 제시하여 창의나 인성 교육이 이루어지도록 하였다.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">STEAM</td><td>융합(통합)</td><td>교과목 간의 융합뿐만 아니라 다양한 분야에서 적용될 수 있도록 통합 형태를 시도하였다.</td></tr>
<tr><td>창의·인성 활동</td><td>탐구 활동뿐만 아니라 보충·심화 등 다양한 모둠 활동에 창의 교육과 인성 교육이 병행되도록 하였다.</td></tr>
<tr><td>첨단 과학</td><td>앞으로 전개될 학문의 발전 방향을 제시하고 첨단 내용을 소개하였다.</td></tr>
<tr><td>체험 활동</td><td>자기 주도 학습의 일환으로서 체험 활동이 다양하게 이루어지도록 하였다.</td></tr>
<tr><td>직업 이야기</td><td>학생들의 다양한 적성과 진로를 고려하여 단원 관련 직업을 소개하였다.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">평가</td><td>개념 정리하기</td><td>대단원 마무리 첫 단계로서, 지금까지 학습한 기본 내용을 구조화하여 다양한 형태(퍼즐, 구조도, 마인드 맵 등)로 정리할 수 있도록 하였다.</td></tr>
<tr><td>개념 적용하기</td><td>학교 현장에서 나올 수 있는 문제를 다양한 형태로 문제화하여 교과서만으로도 충분한 학습이 이루어지도록 하였다.</td></tr>
<tr><td>개념 응용하기</td><td>한 차원 높은 응용 문제나 창의·인성을 키울 수 있는 문제, 탐구력을 키울 수 있는 문제, 과학 논술을 대비할 수 있는 글쓰기 문제 등을 제시하였다.</td></tr>
</table>

## 지도서의 구성과 활용 방법

과학 교과서는 과학 교육에서 강조하는 '과학적 소양 함양', '창의성' 교육을 포함하는 2009 개정 교육과정에 의거하여 개발하였으므로 이러한 기본 방향을 전제로 교과용 도서가 잘 활용될 수 있도록 지도서를 구성하였다.

과학 교사용 지도서는 교사의 교수 학습 능력을 강화하고, 중학교 과학과 교육과정의 정상적인 운영을 도모하며, 과학과 교육의 질과 효과를 제고할 수 있는 현실 적합성과 활용도가 높아야 하므로, 이에 중점을 두고 개발하였다. 지도서는 총론과 각론으로 구분하였으며, 각 구성에 대한 내용 및 활용 방안은 아래와 같다.

| 구성과 체제 | | 내용 및 활용 방안 |
|---|---|---|
| 총론 | 2009 개정 교육과정 | 2009 개정 교육과정에서 강조한 내용을 빠짐없이 실었다. 즉, 교육과정의 기본 방향과 특징, 내용 체계 등을 실었다. |
| | 교사용 도서의 편찬 방향과 구성 | 교육과정에 맞고 현장 적합성이 높은 그리고 학습자 중심의 교과용 도서가 되기 위해 편찬 방향을 소개하였다. |
| | 과학과 교수 학습 방법 | 실제 중학교 현장에서 많이 활용하는 수업 모형을 중심으로 제시하였다. |
| | 과학 학습의 평가 | 교육과정에서 제시한 평가 방법을 근거로 평가 영역, 평가 방법과 채점 기준을 제시하였다. |
| | 연간 지도 계획안 | 교육과정에 따라 다양한 수업 운영이 가능하지만 보편적인 1년 예시안을 제공하였다. |
| | 참고 문헌 및 인용 자료 | 총론 구성에 필요한 참고 문헌 및 인용 자료를 제시하였다. |
| | 변경 전후의 용어 일람표 | 학습 지도에 도움이 되는 바뀐 용어를 소개하였다. 여기에는 중학교에서 자주 나오는 대표적인 용어만 나타냈다. |
| 각론 | 단원의 개관 | 학습 목표를 제시하여 학습의 지도 방향을 명확히 제시하였다. |
| | 단원 학습 위계 | 학교급 간의 내용 체계와 위계를 기본으로 중학교에서 적절한 내용과 학습량을 소개하였다. |
| | 교육과정 | 고시된 교육과정을 이해하고 학습 내용 성취 기준과 탐구 활동을 준수하였다. |
| | 단원 지도상 유의점 | 강조할 내용이나 학생들이 오류를 범하기 쉬운 내용, 잘 이해하지 못하는 내용에는 유의점을 제시하여 수업에 도움을 주었다. |
| | 참고 자료 | 학생들이나 교사들이 볼 수 있는 내용을 참고 자료 코너에 소개하였다. |
| | 단원 지도 계획 | 단원별 시수와 차시를 소개하고, 학습 내용 및 활동을 일목요연하게 안내하였다. |
| | 본문 해설 | 학습 내용 안내와 학습 전개, 학습 자료실, 찾아보기, 과학 돋보기, 역사 속의 과학, 관련 지식, 보충 학습, 참고 자료 등의 코너를 만들어 강의에 도움이 되도록 하였다. 효과적인 자료 활용을 위해 교과서 축소판을 넣은 뒤 본문 해설은 모든 면을 해당 면에 배치하여 지도서의 활용을 최대화하였다. 대단원 마무리를 포함하여 모든 물음에 대한 답을 기본적으로 제공하였다. |
| | 탐구 활동 | 탐구 활동에 대한 해설뿐만 아니라 실험상의 유의점, 안전 문제, 활동 요령 등을 안내하였다. 심화 내용이 필요한 경우에는 한 걸음 더와 탐구의 확장 코너를 통해 확장된 개념을 다루어 볼 수 있도록 하였다. |
| | 대단원 평가 문항 예시 | 대단원이 끝나면 교사가 학생들을 평가할 수 있도록 대단원 평가문항 예시를 넣었다. |

# III 과학과 교수 · 학습 방법

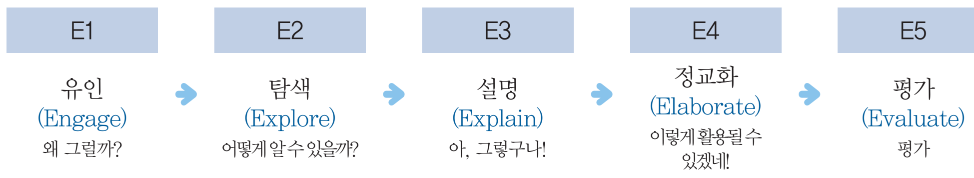
중학교 과학은 자연 탐구를 통해 창의적으로 사고하고, 일상생활 문제를 과학적으로 해결하기 위해 필요한 과학적 소양을 기르는 데 그 목적을 두고 있다. 과학적 소양은 의사 결정, 사회 · 문화적 활동, 경제적 생산성 등에 필요한 과학적 개념과 과정에 대한 지식 및 그에 대한 이해를 의미한다(NRC, 1996).

모든 학생들의 과학적 소양을 기를 수 있도록 과학 학습 지도가 이루어지기 위해서는 교육과정에 따라 개발된 과학 교과서를 비롯해 멀티미디어 교수 자료, 인쇄 자료 등 다양한 학습 자료가 활용되어야 한다. 또한 학생들의 학업 성취도를 결정하는 중요한 요인 중 하나가 바로 교수 · 학습 방법이므로 각 수업 상황에 맞는 적절한 수업 모형의 선정과 활용이 필수적이다.

## 01 5E 순환 학습 모형

5E 순환 학습 모형은 과학 지식의 구성과 과학 개념의 변화에 목표를 두고 있는 수업 모형으로서, 기존의 '탐색－용어 도입－개념 적용' 의 3단계를 적용한 순환 학습 모형을 더욱 효율적으로 확장시키고 정교화시킨 수업 방법이다.

5E 순환 학습 모형은 유인(Engage) → 탐색(Explore) → 설명(Explain) → 정교화(Elaborate) → 평가(Evaluate)의 5단계로 구성되어 있다. 구성주의 학습 이론에 따라 탐색 단계를 유인과 탐색으로 구분하고, 용어 도입 단계를 설명 단계로 수정하였으며, 개념 적용 단계를 정교화 단계로 보완하고, 마지막에 평가 단계를 더하였다(BSCS, 1993; Trowbridge et al., 2004). 5E 순환 학습 모형의 단계별 특징을 정리해 보면 다음과 같다.




(1) E1 유인(Engage)

① 교사는 학습 주제와 관련된 문제에 관해 질문하고, 주요 용어를 정의하면서 학생들이 이미 알고 있는 지식이나 반대되는 현상 등을 제시하여 학생들의 흥미와 호기심을 유발하고 질문을 유도한다.

② 학생들은 주제에 대해 흥미를 보이면서 이러한 현상은 왜 일어났는지, 또는 어떻게 하면 그것에 대해 알아낼 수 있는지 등에 대하여 질문한다.

(2) E2 탐색(Explore)

① 교사는 조언자로서의 역할만 수행하고 학생들이 자율적으로 모둠 활동이 이루어지도록 도와주면서 학생들의 상호 작용을 관찰한다.

② 교사의 지도 하에 학생들은 주요 개념과 기술에 대한 사전 지식을 명료화한다.

(3) E3 설명(Explain)

① 교사는 새로운 과학적 개념을 도입하고 정의한다. 이때 개념을 설명하기 위해 학생들의 사전 경험을 활용한다.

② 학생들은 자신이 이해한 것을 설명하고, 대안을 토의한다. 또한 과학적으로 설명하기 위해 기록된 관찰을 사용한다.

(4) E4 정교화(Elaborate)

① 교사는 학생들이 학습한 새로운 개념이나 사고 유형을 다른 상황에 적용하도록 격려한다.

② 학생들은 문제 제기를 위해 사전 정보를 사용하여 답을 제시하고 결론을 내리며, 실험을 설계하고 근거로부터 합당한 결론을 내린다.

(5) E5 평가(Evaluate)

① 교사는 학생들의 사고와 행동이 변화되었는지 살펴본다. 왜 그렇게 생각하는지, 어떤 증거를 가지고 있는지, 아는 것이 무엇인지, 어떻게 설명할 것인지에 대해 개방형 질문을 한다.

② 학생들은 과학적 개념이나 과정에 관한 지식을 얼마나 습득했는지 또한 학생들 자신이 어느 정도 향상되었는지 평가한다.

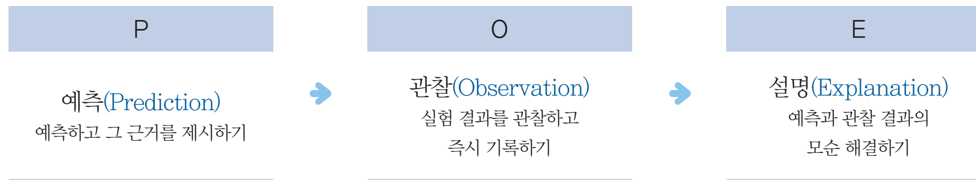
## 02 POE 모형

POE는 3단계의 활동으로서, 예측(Prediction), 관찰(Observation), 설명(Explanation)의 약자이다(White & Gunstone, 1992). POE 활동은 실제 상황에서 과학 개념에 대한 학생들의 이해 정도를 탐색하기 위해 Champagne, Klopfer, Anderson(1980)에 의해 처음으로 개발되었다. POE 활동은 학습한 내용에 관련된 익숙한 상황을 학생들에게 제시한 후 학생들이 특정한 현상의 결과를 예측하고 관찰한 내용을 기술하도록 한 다음, 예측과 관찰 사이의 갈등을 해결할 수 있도록 하는 과정으로 이루어진다.

POE 활동의 가장 큰 특징은 예측 과정이라 할 수 있다. 어떤 활동에서는 실험 결과가 학생들이 예측한 것과 반대의 결과가 나오기도 한다. 이런 활동을 불일치 사례(discrepant event)라고 하며, 이는 학생들에게 개념적인 갈등(conceptual conflict)을 유발할 수 있다. POE의 예측 과정에서는 불일치 사례가 제시된 후 학생들에게 "예측한 것과 실제로 관찰한 것 사이의 불일치"에 대해 설명하도록 한다(White, 1988). 학생들은 예측을 하고, 자신의 예측과 관찰한 결과가 일치하지 않은 이유에 대해 생각하고 설명하는 과정을 겪으면서 과학 원리와 개념에 대해 깊이 있는 이해를 할 수 있다.

POE 모형은 형식이 비교적 간단하여 수업 시간에 활용하기가 쉽다. 그리고 자신의 생각과 모순되는 관찰 결과를 해결하기 위하여 학생들이 적극적으로 참여하게 할 수 있다. 또한 예측하기 외에도 예측한 것에 대한 설명, 현상의 관찰, 자신의 생각이나 관찰에 대한 이론을 확장하여 생각해 볼

기회를 학생들에게 제공한다. 결과가 제시되지 않는 상황에 대해 예측할 것을 요구하기 때문에 학생들이 나름대로 가장 적절하다고 판단되는 지식을 적용해 볼 기회도 가지도록 할 수 있다.




(1) 예측(Prediction)

이 단계에서 학생들은 구체적인 현상의 결과를 예측하고, 자신의 예측에 대한 근거를 제시한다. 앞으로 일어날 일에 대해 근거를 가지고 말하는 것은 예측(prediction)이지만, 근거 없이 단순 짐작으로만 얘기하는 것은 추측(guess)일 뿐이다. POE에서 중요한 것은 학생들이 추측이 아니라 예측을 할 수 있도록 돕는 것이다. 예측을 하기 위해서는 학생들이 주어진 상황에 대한 명확한 이해가 우선되어야 하므로 이에 필요한 질문을 충분히 할 수 있도록 해야 한다. 또한 예측이나 예측에 대한 근거를 글로 적어볼 수 있게 지도한다. 하지만 예측에 집중하다가 관찰을 하지 못하는 일이 없도록, 예측 단계가 끝난 것을 확인한 후 관찰 단계로 넘어가야 한다.

(2) 관찰(Observation)

관찰 단계에서 교사는 실험 활동을 안내하고, 학생들은 실험의 결과를 관찰한다. 이 단계에서도 학생들이 자신의 관찰 결과를 기록하도록 하는 것이 필요하다. 관찰 내용의 기록으로부터 관찰한 현상에 대한 학생들의 다양한 반응을 명확히 알 수 있기 때문이다. 자신의 기존 생각과 모순되는 현상을 접할 경우, 학생들은 사례 자체를 무시하거나 오히려 기존 생각을 지지하는 증거로 왜곡하여 관찰할 가능성도 있다(Chinn & Brewer, 1993).

관찰 결과의 기록은 학생들이 자신의 생각을 명료화하고 정교화시키는 역할을 할 수 있다. 관찰 결과를 기록할 때에는 다른 학생의 영향을 받거나 잊어버리지 않도록 즉시 기록하도록 지도한다.

(3) 설명(Explanation)

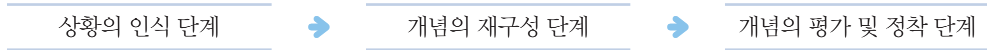
설명 단계에서는 학생들이 관찰한 결과를 토대로 결론을 이끌어 낼 수 있도록 한다. 이 단계는 학생들이 예측한 것과 관찰 결과 사이에 존재하는 모순을 해결하기 위해 노력하는 단계이다. 교사는 학생들이 가능한 한 모든 가능성을 고려하도록 도와주어야 하며, 다양한 질문을 통하여 학생들이 자신의 생각을 분명하게 정리하고, 또 활발하게 발표하고 토의할 수 있도록 유도해야 한다. 토론을 통해 서로의 견해 차이를 조율하는 과정에서 자신의 생각을 검토하고 올바른 결론에 도달할 수 있다.

## 03 초인지 수업 전략

5E 순환 학습 모형과 POE 모형 외에 비교적 최근에 도입된 것으로 초인지(Metacognition) 수업 전략이 있다. 초인지는 1979년 Flavell에 의해 처음 도입된 개념으로서, '안다는 것을 안다는 것' 으로 자신의 인지 과정에 관한 지식이다. 초인지는 인지 과정에서 스스로 무엇을 얼마나 알고 있는지를 인식하는 것으로써 좀 더 구체적으로 자기 자신의 수행을 점검하고 평가하는 행동과 그 평가에

따라 이루어지는 전략의 선택 및 사용에 관한 인지적 능력이다. 이 수업 모형의 특징은 학생들이 가진 개념에 대해 인지적 갈등을 느끼도록 하여 새롭게 개념을 재구성하는 데 있다.

초인지 수업 전략은 다음의 세 가지 단계로 구성된다.




(1) 상황의 인식 단계

제시된 상황은 무엇을 나타내고 있는가? 상황과 관련된 개념들에는 어떠한 것들이 있는가? 가장 기본이 되는 개념은 무엇인가? 등에 대해 탐색하는 단계이다.

(2) 개념의 재구성 단계

학생들이 가진 개념에 대해 인지적 갈등을 느끼도록 하고, 갈등 해소를 위한 어떠한 방법을 활용할 수 있는지 탐색하도록 하며, 능동적으로 개념을 재구성하도록 하는 단계이다.

(3) 개념의 평가 및 정착의 단계

재구성된 개념들을 실제적으로 유사한 상황에 적용하여 평가하는 단계이다.

이 밖에도 학습자가 이미 가지고 있는 개념, 새로 획득한 개념들과 그 위계적 관계를 구성해 놓은 도식적 모형인 '개념도'를 이용하는 학습 모형과

1) 무엇이 문제인가?
2) 주요 개념은 무엇인가?
3) 어떠한 탐구 방법이 사용되었는가?
4) 지식 주장은 무엇인가?
5) 가치 주장은 무엇인가?

라는 5가지 질문 과정으로부터 발전된 'V' 도를 활용한 학습 모형을 이용할 수도 있다.

# Ⅳ 과학 학습의 평가

평가는 모든 학생들이 교육 목표를 성공적으로 달성할 수 있도록 돕기 위한 교육과정으로 실시한다. 과학 교육의 평가는 어떤 결정을 내리기 위한 관찰 · 측정 · 실험 · 조사 등으로 자료를 수집하고, 그것을 분석 · 종합 · 판단하는 과정으로 정의된다(정노식 · 이상노 · 이성언, 1995). 과학 교수 학습 현장에서는 여러 가지 목적에 따라 그리고 다양한 방법에 따라 평가가 이루어지고 있으며, 학생들은 이루어야 하는 학업 성취의 정도와 평가의 기준이 구체적으로 제시될 때 효과적으로 학습할 수 있다. 그러므로 과학 교사에게는 평가에 대한 지식과 그 기술이 필수적이다.

교육과정의 변화에 영향을 받아 최근의 과학 교육의 평가에서는 태도 및 과학 탐구의 본성에 대한 평가를 강조하고 있다. 특히 2009 개정 교육과정에서는 창의 · 인성에 대한 내용과 글쓰기 등 논술형 평가에 대한 내용이 중요하다.

## 01 평가 영역

과학에서는 과학의 기본 개념의 이해, 과학의 탐구 능력, 과학적인 태도 등 교과의 목표에서 제시한 영역에 대해 균형 있게 평가하며, 특히 다음에 주안점을 둔다.

(1) 기본 개념의 이해와 적용 능력을 평가한다.

각각의 개념에 대한 이해뿐만 아니라 그 개념을 적용할 수 있는 능력에 대한 평가를 강조하고 있다. 단편적인 개념을 외우고 있는지만 평가해서는 안 되고, 과학적 개념을 바탕으로 다양한 상황에서 문제를 해결하는 능력을 가지고 있는지 평가하도록 해야 한다.

(2) 탐구 활동 수행 능력과 이를 일상생활 문제 해결에 활용하는 능력을 평가한다.

탐구 활동 수행 능력과 이를 실생활 문제의 해결에 적용하는 능력의 평가에 초점을 맞추고 있다. 탐구 능력의 신장으로 학교에서 부딪치는 학습 문제의 해결뿐만 아니라 실생활에서 부딪치는 많은 문제들의 해결 능력까지도 키워나가야 함을 강조하고 있다.

(3) 과학에 대한 흥미와 가치 인식, 과학 학습 참여의 적극성, 협동성, 과학적으로 문제를 해결하려는 태도, 창의성 등을 평가한다.

## 02 평가 방법

(1) 지식 평가

① 선다형

선다형 문항은 문두와 답지의 특성에 따라 고차원적인 인지 능력도 평가할 수 있기 때문에 문두와 답지의 제작이 무엇보다 중요하다. 선다형 문항 작성 시 평가 문항의 정확성, 명확성, 편의성, 간결성과 선택형 문항의 추측 가능성 배제를 고려해야 한다.

② 서술형과 논술형

서술형 평가를 실시할 때에는 좀 더 높은 차원의 사고 능력을 요구하는 문항을 개발하는 것이 중요하다. 논술형 평가는 개인 나름의 생각이나 주장을 창의적이고 논리적이면서도 설득력 있게 조직하여 작성해야 함을 강조한다는 점에서 서술형 평가와는 구분된다. 대체로 논술형 평가에서는 서술된 내용의 깊이와 넓이뿐만 아니라 글을 조직하고 표현하는 능력까지도 동시에 평가하게 된다. 성공적인 서술형과 논술형 평가의 문항 개발을 위해서는 다음 사항을 고려할 필요가 있다(이양락, 1999).

- 문제의 의미와 출제 의도를 명확하게 하며, 가급적 문제는 짧고 분명하게 제시한다.
- 답안 작성 지침을 분명히 제시한다.
- 자유 방임형 평가보다는 응답 제한형 평가가 바람직하다.
- 모범 답안을 만들어 문제에서 제시한 조건을 충족하면서 요구하는 답안을 작성할 수 있는지 점검한다.
- 가급적 미리 채점 기준을 만들어서 평가한다.
- 만점에서 감점하는 유형보다는 의도한 반응이 나타날 때마다 가점하는 형식이 바람직하다.
- 채점 기준은 여러 가지 항목을 분석적으로 평가한 후 이를 종합하는 방식이 바람직하다.

(2) 탐구 과정 평가

① 관찰법

실험 중의 기구 조작 능력이나 실험에 임하는 태도 등은 관찰을 통해서 평가할 수 있다. 관찰은 지필 검사로 확인하기 어려운 속성, 말이나 글로 표현하기 어려운 행동 등에 관한 정보의 수집에 특히 효과적이며, 관찰의 결과는 검색표(checklist) 등으로 기록할 수 있다. 관찰에 의해 평가를 할 때에도 평가의 객관성을 유지하기 위해서 사전에 평가 항목과 점수 배당 기준표를 만들어 활용해야 한다.

② 보고서 평가

보고서는 목적, 도구 및 재료, 방법과 절차, 결과 및 분석, 결론 등을 중심으로 평가하는 것이 바람직하다. 이 역시 객관적인 평가를 위해서 사전에 평가 기준을 만들어 활용할 필요가 있다.

③ 실험 실기 평가

실험법은 어떤 과제에 대해서 학생들로 하여금 실험을 하게 한 후 그 결과 보고서를 제출하게 하는 것이고, 실기 평가는 학생들이 지식이나 기능을 직접 행동으로 나타내도록 하는 시험이다. 수행 과정과 수행 결과 중에서 어느 쪽에 중점을 두느냐에 따라 과정 중심 평가와 결과 중심 평가로 분류하기도 한다. 과정 중심 평가는 평가를 위한 지침이나 채점 기준을 가지고 평가자가 학생들의 수행 과정을 직접 관찰하여 평가하는 방식이다. 반면에, 결과 중심 평가는 학생들이 수행을 통해서 얻은 결과를 평가하는 방식이다.

④ 면담법

면담자가 피면담자를 직접 접촉하고 대화하여 심층적인 정보를 수집할 수 있는 면담법은 토의나 대화를 이용한 사고 과정과 추리 능력의 평가에 효과적이다. 그러나 많은 시간과 노력이 요구되며, 반응을 왜곡시킬 수 있어서 신뢰도와 타당도 확보가 어렵다. 그러므로 면담의 목적, 질문할 주제와 순서 등을 미리 정하고, 면담 결과의 기록과 녹화에도 유의하여야 한다.

⑤ 포트폴리오 평가

포트폴리오는 평가와 교수 학습을 통합하는 기능을 하며, 고차원적인 사고와 과학 탐구 기능의 평가에 효과적이다.

이때 다른 사람이 대신해 주거나 인터넷 등에서 베껴서 제출할 가능성을 방지하기 위해서는 결과 제출 시 그러한 결과물을 얻은 과정을 보여 주는 증거 자료도 함께 제출하게 한다. 학생의 직접 수행 여부를 판단하기 위해 결과물을 제작하는 동안에 어떤 과정을 거쳤는지, 제작에 영향을 미친 사람은 누구인지, 활동 과정 중에 예기치 못한 돌발 상황은 없었는지 등의 사항들이 보고서에 포함되도록 지도할 수도 있다.

(3) 태도 평가

과학에 대한 관심, 흥미, 과학적 태도 등 정의적 영역에 대한 평가는 평가하는 내용이나 주제와 관련한 서술문을 긍정적이거나 부정적인 관점에서 작성하는 리커트 척도의 질문지를 활용할 수 있다. 이러한 평가는 그 결과를 객관화할 수 있다는 장점이 있다.

## 03 평가 도구 개발

평가에서 중요한 것은 평가 도구의 타당도와 신뢰도이다. 타당도는 평가 문항이 교육 또는 교수 학습의 목표를 반영하는 정도를 나타내며, 신뢰도는 하나의 검사에서 평가 도구가 정확하고 일관성 있게 측정하는 정도를 나타낸다. 좋은 평가 도구는 타당도와 신뢰도가 높다.

이를 위해 평가 도구를 동료 교사들과 공동으로 개발하는 것이 바람직하나, 여의치 않을 경우 평가 도구에 대한 검수를 반드시 받도록 해야 한다.

## 04 평가 결과의 활용

평가 결과는 학생들이 원래 계획했던 목표에 어느 정도 도달되었는지 확인하고, 성적이나 등급을 부여하는 데 활용된다. 이뿐 아니라 평가 결과는 학습 지도의 계획이나 지도 방법의 개선에 활용할 수 있다는 점에서 그 중요성이 강조되고 있다. 또한 평가 결과는 학생들의 과학 관련 진로 지도 등에도 활용될 수 있다.

## 05 평가의 절차

평가를 단지 문제를 출제하여 시험을 치르고 점수를 얻는 것만으로 인식하는 경우가 많으나, 이는 과학 학습 평가의 극히 일부분일 뿐이다. 학생들이 과학 학습 목표를 어느 정도 달성하였는지 제대로 평가하기 위해서는 체계적인 계획과 주의 깊은 평가의 실시, 평가 결과의 처리 과정을 거쳐야 한다. 첫 단계인 평가 계획을 수립할 때뿐만 아니라 이후의 각 단계에 대한 구체적인 계획을 수립하는 것이 필요하며, 평가 후에도 활용했던 문항에 대해서 난이도, 변별도 등을 기록하는 것이 바람직하다. 또한 평가 문항에 대한 수정 개선의 노력을 게을리하지 말아야 한다.

# V 연간 지도 계획안

2009 개정 교육과정의 시간 배당 기준에 의하면 학년군 및 교과군별 시간 배당은 연간 34주를 기준으로 제시되어 있다. 또한 1시간은 45분을 원칙으로, 기후 및 계절, 학생의 발달 정도, 학습 내용의 성격 등과 학교 설정을 고려하여 탄력적으로 편성·운영할 수 있다.

## 01 과학 ①

| 월 | 차시 | 대단원 | 중단원 | 소단원 | 비교 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 4 | Ⅰ. 과학이란? | 과학이란? | 1-1 과학과 과학자<br>1-2 과학의 발달과 생활<br>대단원 마무리 | |
| 3 ~ 5 | 19 | Ⅱ. 지구계와 지권의 변화 | 1. 지구계의 구성과 상호 작용 | 1-1 지구계의 구성 요소<br>1-2 지구계의 상호 작용 | |
| | | | 2. 지권의 물질과 변화 | 2-1 지권의 물질과 순환<br>2-2 지권의 구조와 특징<br>2-3 지권의 변화와 지각 변동<br>대단원 마무리 | 중간고사 |
| 5 ~ 6 | 16 | Ⅲ. 힘과 운동 | 1. 힘 | 1-1 힘의 뜻<br>1-2 여러 가지 힘<br>1-3 힘의 합력 | |
| | | | 2. 운동 | 2-1 여러 가지 운동<br>2-2 힘과 운동의 관계<br>대단원 마무리 | |
| 7 ~ 8 | 16 | Ⅳ. 광합성 | 1. 식물의 유기적 구성 | 1-1 세포의 구조와 식물체의 구성<br>1-2 잎, 줄기, 뿌리 | |
| | | | 2. 식물의 광합성과 호흡 | 2-1 식물의 광합성<br>2-2 양분의 전환과 이용<br>대단원 마무리 | 기말고사<br>여름 방학 |
| 9 | 12 | Ⅴ. 열과 우리 생활 | 1. 온도와 열 | 1-1 온도<br>1-2 열평형<br>1-3 열의 이동 | |
| | | | 2. 열의 이용 | 2-1 비열<br>2-2 열팽창<br>2-3 열에너지의 이용 | |

| 월 | 차시 | 대단원 | 중단원 | 소단원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 10<br>~<br>11 | 17 | Ⅵ.<br>분자<br>운동과<br>상태 변화 | 1. 분자 운동 | 1-1 스스로 움직이는 분자<br>1-2 압력에 따른 기체의 부피 변화<br>1-3 온도에 따른 기체의 부피 변화<br>대단원 마무리 | 중간고사 |
| | | | 2. 물질의 상태 변화 | 2-1 상태 변화의 종류와 특징<br>2-2 상태 변화와 분자 배열<br>2-3 상태 변화와 열에너지<br>2-4 상태 변화와 분자 운동<br>대단원 마무리 | |
| 11<br>~<br>12 | 12 | Ⅶ.<br>수권의<br>구성과<br>순환 | 1. 수권의 구성과 특징 | 1-1 수권의 분포와 특징<br>1-2 빙하와 기후 변화<br>1-3 해수의 성질 | |
| | | | 2. 해수의 순환과 해류 | 2-1 해수 순환의 원리와 기능<br>2-2 해양 자원과 보존<br>대단원 마무리 | 기말고사<br>겨울 방학 |

## 02 과학 ②

| 월 | 차시 | 대단원 | 중단원 | 소단원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 17 | Ⅰ.<br>물질의<br>구성 | 1. 원소와 원자 | 1-1 원소<br>1-2 원소의 표현과 확인<br>1-3 원자 | |
| | | | 2. 이온 | 2-1 이온의 형성과 표현<br>2-2 앙금생성 반응<br>2-3 이온의 존재와 이용<br>대단원 마무리 | |
| 4<br>~<br>5 | 19 | Ⅱ.<br>빛과 파동 | 1. 빛 | 1-1 물체를 보는 원리<br>1-2 빛의 합성<br>1-3 거울과 렌즈 | |
| | | | 2. 파동 | 2-1 파동의 발생과 종류<br>2-2 파동의 반사와 굴절<br>2-3 소리<br>대단원 마무리 | 중간고사 |

| 월 | 차시 | 대단원 | 중단원 | 소단원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 5<br>~<br>6 | 20 | Ⅲ.<br>기권과<br>우리 생활 | 1. 기권의 구조와 특징 | 1-1 기권의 구조<br>1-2 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지<br>1-3 탄소의 순환과 지구 온난화 | |
| | | | 2. 기권의 변화 | 2-1 대기 중의 물<br>2-2 기압과 바람<br>2-3 날씨와 생활<br>대단원 마무리 | |
| 7<br>~<br>8 | 21 | Ⅳ.<br>소화·<br>순환·<br>호흡·<br>배설 | 1. 소화와 순환 | 1-1 동물의 유기적 구성<br>1-2 영양소의 종류와 기능<br>1-3 소화와 흡수<br>1-4 혈액<br>1-5 혈관<br>1-6 심장과 혈액 순환 | |
| | | | 2. 호흡과 배설 | 2-1 호흡 기관과 호흡 운동의 원리<br>2-2 호흡과 에너지<br>2-3 노폐물의 배설<br>2-4 우리 몸에서 일어나는 일<br>대단원 마무리 | 기말고사<br>여름 방학 |
| 9<br>~<br>10 | 18 | Ⅴ.<br>물질의<br>특성 | 1. 여러 가지 물질의 특성 | 1-1 순물질과 혼합물<br>1-2 녹는점과 어는점<br>1-3 끓는점<br>1-4 밀도<br>1-5 용해도 | |
| | | | 2. 혼합물의 분리 | 2-1 끓는점 차를 이용한 분리<br>2-2 밀도 차를 이용한 분리<br>2-3 용해도 차를 이용한 분리<br>2-4 크로마토그래피 | |
| 10<br>~<br>11 | 15 | Ⅵ.<br>일과<br>에너지 | 1. 일과 역학적 에너지 | 1-1 일과 일률<br>1-2 일의 원리<br>1-3 역학적 에너지 | |
| | | | 2. 에너지 전환 | 2-1 에너지와 미래 생활<br>2-2 에너지 전환과 보존<br>대단원 마무리 | 중간고사 |
| 11<br>~<br>12 | 18 | Ⅶ.<br>자극과<br>반응 | 1. 감각 기관 | 1-1 눈<br>1-2 귀<br>1-3 그 밖의 감각 기관 | |

| 월 | 차시 | 대단원 | 중단원 | 소단원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 11<br>~<br>12 | 18 | Ⅶ.<br>자극과<br>반응 | 2. 신경계 | 2−1 신경계의 구성<br>2−2 자극의 전달과 반응 | |
| | | | 3. 호르몬 | 3−1 호르몬의 종류<br>3−2 항상성 유지<br>대단원 마무리 | 기말고사<br>겨울 방학 |

## 03 과학 ③

| 월 | 차시 | 대단원 | 중단원 | 소단원 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 3<br>~<br>4 | 20 | Ⅰ.<br>전기와<br>자기 | 1. 전기 | 1−1 정전기 유도<br>1−2 전류 · 전압 · 저항<br>1−3 옴의 법칙<br>1−4 전기 에너지 | |
| | | | 2. 자기 | 2−1 전류에 의한 자기장<br>2−2 자기장 내의 전류가 흐르는 도선이 받는 힘<br>2−3 유도 전류<br>대단원 마무리 | |
| 4<br>~<br>5 | 14 | Ⅱ.<br>화학 반응<br>에서의<br>규칙성 | 1. 물질의 변화와 화학 반응 | 1−1 물리 변화와 화학 반응<br>1−2 여러 가지 화학 반응 | |
| | | | 2. 화학 반응에서의 질량 관계 | 2−1 질량 보존 법칙<br>2−2 일정 성분비 법칙<br>2−3 화학 반응식<br>대단원 마무리 | 중간고사 |
| 6<br>~<br>7 | 19 | Ⅲ.<br>태양계 | 1. 지구, 달, 태양 | 1−1 지구와 달<br>1−2 지구와 달의 운동<br>1−3 태양 | |
| | | | 2. 태양계 탐사 | 2−1 태양계의 구성<br>2−2 천체의 관측<br>대단원 마무리 | |
| 7<br>~<br>8 | 15 | Ⅳ.<br>생식과<br>발생 | 1. 세포 분열과 염색체 | 1−1 생물의 생장<br>1−2 생식세포의 형성<br>1−3 유전자와 염색체 | |
| | | | 2. 생식과 사람의 발생 | 2−1 생식의 종류<br>2−2 사람의 생식 기관<br>2−3 사람의 발생<br>대단원 마무리 | 기말고사<br>여름 방학 |

| 월 | 차시 | 대단원 | 중단원 | 소단원 | 비고 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 9 | 14 | Ⅴ.<br>여러 가지<br>화학 반응 | 1. 산과 염기의 반응 | 1-1 산의 성질<br>1-2 염기의 성질<br>1-3 중화 반응 | |
| | | | 2. 산화 - 환원 반응 | 2-1 산소와 산화 - 환원 반응<br>2-2 일상생활에서의 산화 - 환원 반응 | |
| 10<br>~<br>11 | 20 | Ⅵ.<br>유전과<br>진화 | 1. 멘델의 유전 법칙 | 1-1 멘델의 유전 연구<br>1-2 멘델 법칙<br>1-3 중간 유전 | |
| | | | 2. 사람의 유전 | 2-1 사람의 유전 연구 방법<br>2-2 상염색체에 의한 유전<br>2-3 성염색체에 의한 유전 | 중간고사 |
| | | | 3. 생물의 진화 | 3-1 진화의 증거<br>3-2 진화설 | |
| | | | 4. 생물의 다양성과 분류 | 4-1 생물의 분류 방법<br>4-2 분류의 실제<br>대단원 마무리 | |
| 11<br>~<br>12 | 14 | Ⅶ.<br>외권과<br>우주 개발 | 1. 별 | 1-1 별의 위치와 별자리<br>1-2 별의 특징 | |
| | | | 2. 은하와 우주 | 2-1 우리은하<br>2-2 외부 은하와 우주<br>2-3 우주 개발<br>대단원 마무리 | |
| 12 | 12 | Ⅷ.<br>과학과<br>인류 문명 | 첨단 과학 기술 | 1-1 우리 생활과 첨단 과학<br>1-2 과학과 기술 · 공학 · 예술 · 수학<br>1-3 첨단 과학과 미래 생활<br>1-4 과학이 우리 생활에 미치는 영향<br>대단원 마무리 | 기말고사<br>겨울 방학 |

# VI 참고 문헌 및 인용 자료


- 교육 과학 기술부(2011). 과학과 교육과정, 교육 과학 기술부 고시 제2011-361호 [별책 9]
- 교육 과학 기술부(2011). 초 · 중등학교 교과용 도서 국검인정 구분 고시, 교육 과학 기술부 고시 제2011-29호
- 김찬종 · 채동현 · 임채성(1999). 과학 교육학 개론, 북스힐
- 박승재 · 조희형(1999). 교수 – 학습 이론과 과학 교육, 교육 과학사
- 이양락 · 김주훈 · 유준희 · 홍미영(1999). 중학교 과학과 수행 평가 시행 방안 및 자료 개발 연구(CRE99-7), 서울: 한국 교육 과정 평가원
- 정원식 · 이상노 · 이성언(1995). 현대 교육 심리학, 교육 출판사
- 조희형 · 박승재(2001). 과학론과 과학 교육, 교육 과학사
- 조희형 · 김희영 · 윤희숙 · 이기영(2011). 과학 교육의 이론과 실제, 교육 과학사
- 최돈형(2000). 물리과 평가 이론 및 수행 평가의 실제, 2000년도 중등 과학과 1 · 2급 정교사 자격 연수 안내 53-71, 서울특별시 교육 과학 연구원
- 최병순(2004). 화학 교재 연구 및 지도, 자유 아카데미
- 초 · 중등학교 교육과정 총론(2009). 교육 과학 기술부 고시 제2009-41호, 교육 과학 기술부
- 한국 교육 과정 평가원(1999). 초 · 중등학교 교과별 수행 평가의 실제(1)–총론, 수행 평가 현장 정착을 위한 세미나 자료
- 한국 교육 과정 평가원(1999). 초 · 중등학교 교과별 수행 평가의 실제(6)–과학, 수행 평가 현장 정착을 위한 세미나 자료
- Chinn C. A. & Brewer W. F.(1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction, Review of Educational Research 63, 1~49
- Scope(1995). sequence and coordination of secondary school science Vol.1, The content core: A guide for curriculum developer, Washington D.C.: NSTA(National Science Teachers Association)
- Stewart J. · Kirk J. V. · Rowell R.(1979). Concept maps: A tool for use in biology teacher 41, 171~175
- Trowbridge L. W. · Bybee R. W. · Powell J. C.(2004). Teaching secondary school science: strategies for development scientific literacy, 9th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Merrill
- UNESCO(1994). The project 2000+declaration: The way forward
- White R.(1988). Learning science, Oxford: Basil Blackwell
- White R. & Gunstone R.(1992). Probing understanding, London: The Falmer Press
- Yager R. & Tamir P.(1992). The STS approach: reasons, intention, accomplishment and outcome, Science Education center, The universtiy of Iowa

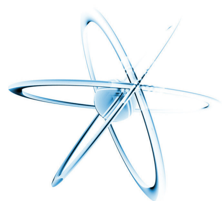
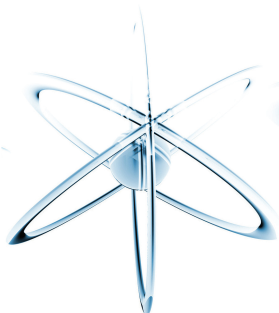
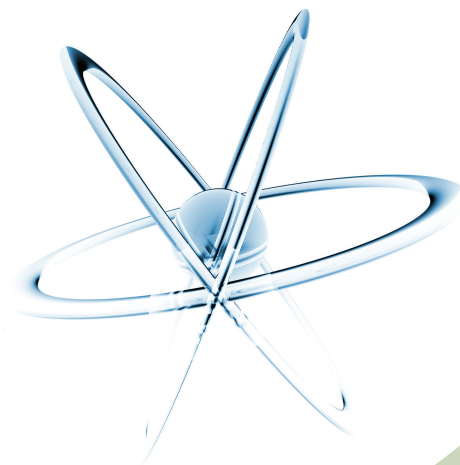
# Ⅶ 변경 전후 용어 일람표

| 변경 전 | 변경 후 | 변경 전 | 변경 후 |
|---|---|---|---|
| 가슴관 | 가슴 림프관 | 쌍생아 | 쌍둥이 |
| 갈락토오스 | 갈락토스 | 아밀라아제 | 아밀레이스 |
| 감각기 | 감각 기관 | 아보가드로의 법칙 | 아보가드로 법칙 |
| 갑상선 | 갑상샘 | 연동 운동 | 꿈틀 운동 |
| 게르마늄 | 저마늄 | 염분비 일정의 법칙 | 염분비 일정 법칙 |
| 게이뤼삭의 법칙 | 게이뤼삭 법칙 | 염화구리(II) | 염화 구리(II) |
| 과망간산칼륨 | 과망가니즈산 칼륨 | 염화나트륨 | 염화 나트륨 |
| 관성의 법칙 | 관성 법칙 | 염화마그네슘 | 염화 마그네슘 |
| 내분비선 | 내분비샘 | 염화칼륨 | 염화 칼륨 |
| 뇌간 | 뇌줄기 | 염화칼슘 | 염화 칼슘 |
| 대뇌 수질 | 대뇌 속질 | 외분비선 | 외분비샘 |
| 대뇌 피질 | 대뇌 겉질 | 요오드 | 아이오딘 |
| 락타아제 | 락테이스 | 유문 (반사) | 날문 (반사) |
| 리파아제 | 라이페이스 | 이산화망간 | 이산화 망가니즈 |
| 림프선 | 림프샘 | 이산화탄소 | 이산화 탄소 |
| 말타아제 | 말테이스 | 일정 성분비의 법칙 | 일정 성분비 법칙 |
| 망간 | 망가니즈 | 전립선 | 전립샘 |
| 망간 단괴 | 망가니즈 단괴 | 줄기 세포 | 줄기세포 |
| 메스 실린더 | 눈금 실린더 | 중뇌 | 중간뇌 |
| 메탄 | 메테인 | 지구본 | 지구의 |
| 미뢰 | 맛봉오리 | 질량 보존의 법칙 | 질량 보존 법칙 |
| 미세포 | 맛세포 | 질산구리(II) | 질산 구리(II) |
| 보일의 법칙 | 보일 법칙 | 질산나트륨 | 질산 나트륨 |
| 부탄 | 뷰테인 | 질산은 | 질산 은 |
| 브롬 | 브로민 | 질산칼륨 | 질산 칼륨 |
| 샤를의 법칙 | 샤를 법칙 | 책상 조직 | 울타리 조직 |
| 셀룰로오스 | 셀룰로스 | 청소골 | 귓속뼈 |
| 수산화나트륨 | 수산화 나트륨 | 충수 | 막창자꼬리 |
| 수상돌기 | 가지 돌기 | 크롬 | 크로뮴 |
| 수크라아제 | 수크레이스 | 탄산나트륨 | 탄산 나트륨 |
| 스티로폼 | 스타이로폼 | 탄산수소나트륨 | 탄산수소 나트륨 |
| 신경 돌기 | 신경 섬유 | 탄산칼슘 | 탄산 칼슘 |
| 신경 세포 | 신경세포 | 펩티다아제 | 펩티데이스 |
| 신경 세포체 | 신경세포체 | 펩티드 | 펩타이드 |
| 신동맥 | 콩팥 동맥 | 프로판 | 프로페인 |
| 신장 | 콩팥 | 플루오르 | 플루오린 |
| 신정맥 | 콩팥 정맥 | 황산구리 | 황산 구리 |



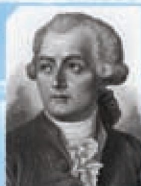

# 각론









# I 물질의 구성

❖ 이 단원에서는

불꽃 축제에서는 여러 가지 색깔의 화려한 불꽃을 볼 수 있다. 불꽃색이 다르게 나타나는 이유는 화약에 사용되는 금속 원소의 종류가 다르기 때문이다.

원소는 원자와 비슷하면서도 서로 다른 정의를 가지고 있다. 이 단원에서는 원소가 물질을 이루는 근본임을 이해하고, 원소 기호를 사용하여 원소와 간단한 화합물을 나타내어 보자. 그리고 물질을 구성하는 입자로서의 원자를 이해하고, 원자로부터 이온이 형성됨을 알아보자.

1 원소와 원자

2 이온

9

## ▶ 단원의 개관

학생들은 초등학교 5~6학년군에서 용해와 용액에 대해 배웠으며, 중학교 ①에서 분자 운동과 상태 변화에 대해 배웠다.

이 단원에서는 원소와 원자, 원소 기호, 이온에 대해 학습한다. 먼저 물질의 근본에 대한 고대 과학자들의 견해로부터 근대 과학자들의 견해까지 살펴봄으로써 인류가 주변의 물질을 이루는 근본 성분과 구조에 대하여 깊은 관심을 가지고 있었음을 이해한다. 그리고 원소는 물질을 이루는 근본으로서 가장 기본적인 개념이라는 것을 이해하고, 원소 기호를 사용하여 여러 가지 물질과 화학 반응을 표현할 수 있도록 한다. 또 불꽃 반응과 스펙트럼 관찰을 통해 원소를 확인하는 방법에 대해 학습한다.

이온에 대해서는 원자에서 전자가 이동하여 이온이 되는 과정과 이온을 표현하는 방법에 대해 다루며, 이온을 모형으로 나타내어 이해하도록 한다. 또 앙금이 생성되는 반응에 대해 학습하는데, 이것은 이온의 종류를 알아보기 위한 방법으로 이용할 수 있음을 학습한다. 그리고 우리 주변에 존재하는 이온과 일상생활에서 이온이 이용되는 예를 학습한다.

## ▶ 단원 학습 위계

**이미 배운 내용**

| | |
|---|---|
| 초등학교 5~6학년군 | • 용해와 용액 |
| 중학교 ① | • 분자 운동과 상태 변화 |



**이번에 배울 내용**

• 원소의 개념
• 원소의 표현과 확인
• 원자의 개념과 구조
• 이온의 형성과 표현
• 이온 사이의 앙금생성 반응
• 이온의 존재와 이용



**다음에 배울 내용**

| | |
|---|---|
| 중학교 ③ | • 화학 반응에서의 규칙성<br>• 여러 가지 화학 반응 |
| 고등학교 화학 I | • 원소, 화합물, 원자, 분자<br>• 원자의 구성 입자<br>• 주기율표, 원자 반지름 |

## 교육과정

### ■ 학습 내용 성취 기준

(가) 모든 물질은 원소로 이루어져 있음을 알고, 대표적인 여러 가지 원소를 원소 기호로 나타낸다.
(나) 원소는 물질을 구성하는 원자로 구성되고 원자는 원자핵과 전자로 구성되어 있음을 알고, 이를 모형을 사용하여 나타낸다.
(다) 원자가 전자를 잃으면 양(+)이온, 전자를 얻으면 음(−)이온이 됨을 알고, 원소 기호를 사용해 이온식으로 나타낸다.
(라) 이온의 형성을 모형으로 나타내고, 앙금생성 반응을 통해 이온의 종류를 안다.
(마) 우리 주변에 이온이 존재함을 알고, 이온이 사용되는 예를 안다.
(바) 간단한 화합물을 원소 기호로 나타낸다.

### ■ 탐구 활동

(가) 불꽃 반응 등의 실험을 통해 원소의 종류 알아보기
(나) 이온이 전하를 띠고 있음을 확인할 수 있는 탐구 활동 고안하기
(다) 앙금생성 반응을 통해 이온의 종류를 알아보기
(라) 모형을 사용하여 원자와 이온을 나타내기

## 단원 지도상의 유의점

1. 물질에 대한 생각을 하게 된 것이 과학 발전의 시작임을 인식하도록 지도한다.
2. 생활 주변의 물질에서 여러 가지 원소를 찾아보도록 하고, 원소는 물질을 이루는 성분이라는 것을 다양한 예를 사용하여 이해시키도록 한다.
3. 대표적인 원소의 경우 원소 기호와 그 원소가 이용되는 예까지도 말할 수 있도록 지도한다.
4. 불꽃 반응에서 나타나는 불꽃색과 스펙트럼 분석이 원소를 확인하는 유일한 방법이라고 생각하지 않도록 지도한다.
5. 원소와 원자의 개념을 혼동하지 않도록 하며, 원자는 물질을 이루는 구체적인 입자로서 원자핵과 전자로 이루어져 있음을 알도록 지도한다.
6. 원자를 구성하는 입자의 크기와 성질을 다양한 모형을 사용하여 이해시키며, 모형이 갖는 의미를 함께 이해하도록 지도한다. 이때 궤도 모형은 사용하지 않도록 한다.
7. 원자가 전자를 잃거나 얻어서 (+)전하나 (−)전하를 띠게 될 때 이온이 형성됨을 이해시키고, 이온을 모형으로 나타낼 수 있도록 지도한다.
8. 대표적인 이온의 이온식과 이름을 이용하여 화합물을 나타내고, 이온의 검출에 앙금생성 반응이 이용될 수 있음을 탐구 활동을 통해 이해할 수 있도록 지도한다.
9. 생활 주변에 여러 가지 이온이 존재함을 예를 들어 설명하고, 일상생활에서 이온이 존재하고 이용되는 예를 학생 스스로 찾아보도록 지도한다.

## 참고 자료

### ■ 참고 도서_교사용

1. The Alchemy of the Heavens(1996), Ken Crosswell 저, Anchor Books
2. Chemical Storylines(2000), George Burton 저, Heinemann
3. 생활 속의 화학(2007), 고정수 저, 자유 아카데미
4. 원자, 작지만 위대한 발견들(2003), 정규성 저, 에피소드
5. 몸속 원소 여행(2010), 요시자토 가쓰토시 저, 아카데미 서적

### ■ 읽을 책_학생용

1. 학생을 위한 화학과 화학자 이야기(2001), 강건일 저, 참 · 과학
2. Newton Highlight 이온과 원소(2011), 강금희 역, (주)뉴턴코리아
3. 멘델레예프가 들려주는 주기율표 이야기(2010), 이미하 저, 자음과모음

### ■ 시청각 자료_internet

1. 한국 과학 창의 재단: http://www.kofac.re.kr
2. 한국 브리태니커: http://www.britannica.co.kr

## ▶ 단원 지도 계획

| 중단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ⅰ-1 원소와 원자 | 1 원소 | 8 | 1~3 /17차시 | • 물질의 기본 성분에 대한 물질관의 발전 과정<br>• 물질을 이루는 성분으로서 원소의 개념 이해<br>• 주변 물질에 존재하는 여러 가지 원소들의 종류와 성질 |
| | 2 원소의 표현과 확인 | | 4~5 /17차시 | • 원소 기호를 표현하는 방법<br>• 대표적인 원소들의 원소 기호<br>• 탐구 활동: 불꽃 반응<br>• 불꽃색으로 원소 구별하기<br>• 스펙트럼으로 원소 구별하기 |
| | 3 원자 | | 6~8 /17차시 | • 돌턴의 원자설<br>• 원자의 구조를 모형으로 설명하기<br>• 원자의 크기를 비유적으로 설명하기<br>• 원소와 원자의 개념 구별하기 |
| Ⅰ-2 이온 | 1 이온의 형성과 표현 | 8 | 9~12 /17차시 | • 이온의 정의와 형성 과정 이해<br>• 탐구 활동: 이온이 전하를 띠고 있음을 확인하는 탐구의 설계<br>• 이온을 이온식으로 나타내고, 이름 붙이기<br>• 탐구 활동: 원자 모형과 이온 모형 만들기<br>• 이온으로 이루어진 화합물을 화학식으로 나타내기 |
| | 2 앙금생성 반응 | | 13~15 /17차시 | • 탐구 활동: 앙금생성 반응<br>• 앙금이 생성되는 이유<br>• 앙금을 생성하는 이온과 앙금을 생성하지 않는 이온<br>• 앙금생성 반응의 이용<br>• 보충 · 심화: 망가니즈 단괴 |
| | 3 이온의 존재와 이용 | | 16/17차시 | • 물속에 포함된 이온<br>• 사람의 몸속에 포함된 이온<br>• 광물 속에 포함된 이온<br>• 보충 · 심화: 위험한 이온 |
| 대단원 마무리 | | 1 | 17/17차시 | • 개념 정리하기, 개념 적용하기, 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
|---|---|---|---|
| 토의<br>관찰<br>조사 | • 원소의 개념을 알고 설명할 수 있는지를 예를 들어 발표하도록 하여 토론법으로 평가한다.<br>• 생활 속에서 사용되는 물질에 포함된 원소들을 찾아 정리할 수 있는지를 관찰 보고서법으로 평가한다. | 12～19 | 48～55 |
| 토의<br>실험<br>관찰<br>자료 해석 | • 원소 기호를 표현하는 방법을 아는지를 토론법으로 평가한다.<br>• 불꽃 반응 실험에서 유의점을 준수하면서 과정에 따라 잘 수행하는지를 관찰법으로 평가한다.<br>• 불꽃 반응에서 나타나는 불꽃색으로 원소의 종류를 구별할 수 있는지를 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 스펙트럼으로 원소를 구별하는 방법을 아는지를 관찰법, 토론법으로 평가한다. | 20～25 | 56～61 |
| 토의 | • 돌턴의 원자설을 이해하고 있는지를 토론법으로 평가한다.<br>• 원자의 구조를 이해하여 그림으로 표현할 수 있는지를 보고서법으로 평가한다.<br>• 원소와 원자의 개념을 구분할 수 있는지를 토론법으로 평가한다. | 26～31 | 62～67 |
| 실험<br>토의<br>관찰 | • 이온이 전하를 띠고 있음을 확인하는 실험을 설계하고 수행할 수 있는지를 관찰법, 실험 보고서법, 토론법으로 평가한다.<br>• 원자와 이온을 모형으로 표현할 수 있는지를 보고서법, 토론법으로 평가한다.<br>• 여러 가지 이온들을 이온식으로 나타내고, 이온으로 이루어진 화합물을 화학식으로 나타낼 수 있는지를 평가한다. | 34～43 | 68～77 |
| 실험<br>관찰<br>토의 | • 이온이 포함된 수용액을 반응시키는 실험을 통해 이온 사이의 반응에 의해 앙금이 생성되는 경우를 찾는다. 이때 앙금을 생성하는 이온의 종류를 알아낼 수 있는지를 관찰법, 실험 보고서법, 토론법으로 평가한다.<br>• 앙금생성 반응이 이용되는 예를 설명할 수 있는지를 토론법으로 평가한다. | 44～49 | 78～83 |
| 조사<br>토의<br>수행 평가 | • 생활 주변에 존재하는 이온의 종류와 그 이온들이 어떻게 이용되는지를 조사하여 발표하도록 하여 수행 평가로 평가한다. | 50～53 | 84～87 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 54～57 | 88～91 |

# 1-1 원소

## | 학습 내용 안내 |

(1) 물질의 기본 성분에 대한 학자들의 생각이 어떻게 변화되어 왔는지 살펴보고, 이후 원소 개념이 확립되는 과정에 대해 설명한다.
(2) 모든 물질은 원소로 이루어져 있음을 알고, 원소의 정의를 설명한다.
(3) 물질에는 한 가지 원소로 이루어진 물질과 두 가지 이상의 원소로 이루어진 물질이 있다는 것을 알고, 그 예를 찾는다.
(4) 원소를 금속 원소와 비금속 원소로 분류하고, 그 차이점을 설명한다.
(5) 주변 물질에 포함된 여러 가지 원소들을 찾아보고, 특징을 설명한다.

## | 학습 전개 |

고대 학자와 중세 연금술사들의 원소에 대한 생각을 조사하고 토론하게 한다.



보일과 라부아지에의 원소에 대한 개념을 이해할 수 있게 한다.



물의 전기 분해를 이용하여 원소의 의미를 알게 한다.



한 가지 원소로 이루어진 물질과 두 가지 이상의 원소로 이루어진 물질의 예를 찾을 수 있게 한다.



원소를 금속 원소와 비금속 원소로 분류하고, 생활 주변에서 이용되는 금속 원소와 비금속 원소를 찾을 수 있게 한다.

**찾아보기**

- 한국 브리태니커 http://www.britannica.co.kr
- 학생을 위한 화학과 화학자 이야기(2007), 강건일 저, 참 · 과학

I. 물질의 구성

# 1-1 원소

**학습 목표**
- 모든 물질은 원소로 이루어져 있음을 설명할 수 있다.
- 주변 물질에 포함된 원소들을 찾을 수 있다.

산과 들, 폭포, 하늘 등을 보면서 자연의 아름다움과 신비함을 느낄 때가 있다. 우리 주변의 물질들은 과연 무엇으로 이루어져 있을까?

고대 그리스의 학자들은 세상의 물질들이 무엇으로 이루어져 있는지 궁금해하였다. 눈에 보이는 대로 물은 그냥 물이고 흙은 그냥 흙이라고 할 수도 있으나, 고대 학자들은 물질의 기본 성분에 대해 여러 가지 생각과 의견을 가지고 있었다.




그림 I-1 원소에 대한 고대 학자들의 물질관

**용어** 엠페도클레스의 4원소설
아리스토텔레스가 동의하고 보완함으로써 중세 시대 사람들에게 자연스럽게 사실로 받아들여졌다.

12 I. 물질의 구성

## 과학 돋보기

### ❀ 고대 학자들의 원소에 대한 생각

(1) **탈레스** 물이 없으면 생명체가 살 수 없다는 것과 물이 고체, 액체, 기체의 여러 가지 상태로 변화하는 것에서 추정하여 물이 만물의 근원이라고 생각하였다.

(2) **엠페도클레스** 물질의 근본이 되는 원소가 한 가지일 필요가 없다고 생각하였다. 따라서 물질은 물과 불에 공기와 흙을 추가하여 4가지 원소로 이루어진다고 주장하였으며, 그 과정에서 물질의 생성과 변화를 설명하려고 하였다. 그리고 사랑과 증오 또는 조화와 부조화가 이 원소들을 결합시키거나 분리시키는 원인이라고 생각하였다.

(3) **데모크리토스** 모든 물질은 원자로 이루어져 있다고 주장하였다. 대부분의 그리스 학자들이 원소의 성질에 대해 주목한 것과 달리 데모크리토스는 원자는 모두 동일하지만 그 형태와 양에 따라 각각 다른 성질을 나타내는 물질이 된다고 주장하여 양적인 관점을 제시하였다. 데모크리토스가 생각한 원자는 깨지지 않는 작은 입자였기 때문에 아토모스(Atomos)라고 명명하였으며, 물질은 원자와 공간으로 이루어져 있다고 주장하였다. 데모크리토스의 원자설은 아리스토텔레스의 4원소설에 가려 18세기에 이를 때까지 빛을 보지 못하다가 19세기 돌턴의 원자 가설로 다시 주목을 받게 되었다.

한편, 중세의 연금술사들은 원소 변환설을 근거로 원소의 비율만 맞으면 철이나 납과 같은 금속으로 금을 만들어 낼 수 있다고 생각하였다. 이들은 여러 가지 실험을 통해 금을 만들기 위해 노력하였지만 금을 만들 수는 없었다. 연금술의 기본 생각은 잘못된 것이었으나 실험 과정에서 여러 가지 실험 기구와 알코올, 인, 황산, 질산 등의 물질을 발견하여 화학 발전에 기여하였다.


ⓞ 그림 Ⅰ-2 연금술사

**도서관 과학 세상**
연금술에 대한 도서를 읽고, 연금술에 영향을 미친 물질관과 연금술사들이 과학의 발전에 공헌한 것은 무엇인지 좀 더 조사해 보자.

**잠깐 체크** 엠페도클레스의 4원소설을 수정하고 보완한 학자는 누구인가?

**인물** 보일(Boyle, R. : 1627~1691)
현대의 원소 개념을 처음으로 제시하였고, 화학에 실험 방법과 입자 철학을 도입하여 화학의 아버지라고 불린다.

**원소 개념의 성립**

철학적 사고를 바탕으로 한 고대 그리스 학자들의 물질관과는 달리 물질의 기본 성분에 대한 여러 가지 물질관은 17세기에 들어서면서 변화가 생겼다.

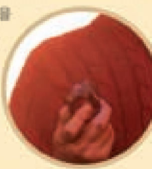
아리스토텔레스나 연금술사 등의 추상적 물질관에 대해 비판 의식을 가지고 있었던 영국의 화학자 보일은 실험 과학을 강조하였다. 그는 공기를 압축하는 실험과 진공을 만드는 실험을 하여 공기의 대부분이 빈 공간이며, 물질은 눈에 보이지 않는 작은 입자들로 구성되어 있다고 설명하였다. 이때 처음으로 원소에 대해 '더 이상 간단한 물질로 나누어지지 않는 기본 물질'이라고 정의하였다. 그러나 어떤 물질이 원소인지 아닌지는 분명히 밝히지 못하였다.


ⓞ 그림 Ⅰ-3 공기 펌프_ 보일은 이 장치로 공기에 대한 여러 가지 실험을 하였다.

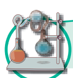
**과학 자료실** 과학사의 우연한 발견

해리포터가 악당 볼드모트를 물리칠 때 마법의 힘을 얻은 '마법사의 돌'처럼 연금술사들은 금을 만드는 데 핵심이 되는 '현자의 돌'이 있을 것이라고 생각하였다. 연금술이 오랜 세월에 거처 발전해 온 결과 금과 비슷한 물질을 만들기도 하였는데, 이것은 금을 만들기 위한 과정에서 발견된 물질들이다. 현재 금색 페인트의 원료로 쓰이는 황화 주석이나 구리에 비소를 섞은 합금은 금의 색과 비슷하여 당시 많은 사람들을 놀라게 하였다.

한편, 공기와 관련된 실험을 많이 했던 보일은 실험 과정에서 기체의 부피와 압력이 반비례한다는 사실을 발견하여 보일 법칙을 발표하였다. 이와 같이 과학사에서는 우연처럼 여기지는 발견이나 법칙들이 많은데, 이것은 수많은 실험과 노력에서 비롯된 결과이다.


ⓞ 해리포터의 '마법사의 돌'

1. 원소와 원자 13

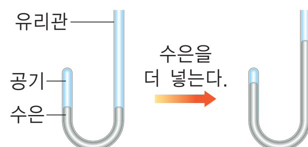


**학습 자료실**

## ❀ 보일의 공기 탄성 실험

아리스토텔레스에 의하면 공기 자체가 원소이므로 진공은 존재할 수 없었다. 17세기까지도 대부분의 학자들은 자연에서 진공은 존재하지 않는다고 믿었다. 그런데 1643년 토리첼리는 긴 유리관에 수은을 채우고 수은이 담긴 그릇에 그 유리관을 뒤집어 세운 다음 유리관의 수은이 아래로 내려가는 것을 관찰함으로써 진공이 존재한다는 것을 증명하였다. 토리첼리가 진공을 만들어 냈음에도 불구하고 대부분의 학자들은 자연 상태에서는 불안정하여 진공이 존재하지 않는다고 생각하였다.

보일은 진공이 존재하지 않는 이유를 공기의 탄성 때문이라고 생각하고 실험 장치를 고안하여 실험하였다. 짧은 쪽의 끝이 막힌 J자관의 긴 쪽에 수은을 넣었더니 막힌 쪽에 갇힌 공기의 부피가 점점 감소하였다. 그리고 J자관을 큰 유리관에 넣고 유리관의 공기를 빼냈더니 J자관에 들어 있는 수은이 분수처럼 뿜어져 나왔다. 이 결과를 통해 공기의 탄성은 공기가 빈 공간으로 이동하게 하는 힘이라고 결론을 내렸다. 그리고 보일은 J자관 실험을 통해 공기는 압축이 가능하므로 입자와 그 입자가 운동할 수 있는 빈 공간으로 이루어져 있다는 입자 가설을 주장하였다.



ⓐ 보일의 J자관 실험



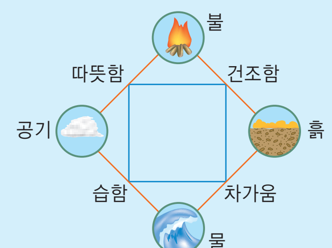
**과학 돋보기**

## ❀ 중세의 연금술

아리스토텔레스의 4원소설은 많은 사람들에게 값싼 금속이나 물질로부터 값비싼 금을 만들 수 있다는 실현될 수 없는 희망을 주었다. 따라서 중세 시대에는 수은이나 황, 소금과 같은 물질로부터 금을 만들려고 노력하였는데, 이와 같은 사람들을 연금술사라고 한다. 그들은 금을 만드는 일에는 실패하였지만, 연금술을 진행하는 과정에서 만들어 낸 많은 실험 기구들과 새롭게 발견한 알코올, 염산, 질산, 황산 등의 물질들은 그 후에도 유용하게 이용되어 과학 발전에 기여하였다. 연금술은 20세기 초까지도 영향을 미쳤는데, 1925년 타운젠트라는 독일인은 당시 독일군 최고위 장군인 루덴돌프에게 접근하여 금을 만드는 방법이 있다고 속여서 그로 하여금 거액을 투자하여 회사를 설립하도록 하였다. 그리고 그 회사에 의탁하여 호화로운 생활을 하다가 나중에 사실이 드러나면서 징역형을 받았다고 한다.

**잠깐 체크**

엠페도클레스의 4원소설은 아리스토텔레스에 의해 발전하였다. 아리스토텔레스는 물, 불, 흙, 공기의 네 가지 원소들은 차가움, 따뜻함, 건조함, 습함이라는 성질 중 각각 두 가지씩의 성질을 가지고 있는데, 원소의 성질 중 한 가지를 바꾸면 다른 원소로 바뀐다고 하였다. 또 원소들의 조합으로 세상의 모든 물질이 만들어질 수 있다고 주장하였다. 아리스토텔레스의 4원소설은 원소의 성질을 언급한 것으로 의미를 가지며, 이에 따라 다른 원소를 만들려는 노력을 하게 되었다.



ⓐ 아리스토텔레스의 4원소설

**화합물** 두 가지 이상의 원소가 결합하여 본래의 성질을 잃어버리고 만들어진 새로운 물질이다.

그 후 라부아지에는 긴 주철관을 벽화로 속으로 통과시켜 달군 다음 한쪽 끝에서 물을 붓고 반대쪽에서는 냉각수를 지나게 하여 수소 기체를 얻었다. 이 실험을 통해 물이 원소가 아닌 화합물임을 밝혀내었다. 그리고 물 분해 실험에서 얻은 수소와 다른 방법을 통해 얻은 산소의 혼합물에 전기 불꽃을 일으켜 물을 합성함으로써 물은 수소와 산소로 이루어진 물질임을 증명하였다. 이로써 오랫동안 받아들여졌던 아리스토텔레스의 4원소설은 옳지 않다는 것이 밝혀졌다.




그림 Ⅰ-4 라부아지에의 물 분해 실험

**스스로 해결하기**
라부아지에는 실험을 통해 더 이상 분해할 수 없는 물질을 (　　　)라고 정의하였다.

라부아지에는 실험을 통해 **원소**를 '더 이상 분해되지 않는 물질'로 정의하였고, 이것은 오늘날까지 원소의 개념으로 사용되고 있다. 라부아지에는 실험 결과로부터 33종의 원소를 정리하여 발표하였다. 그러나 분류 Ⅰ의 빛과 열, 분류 Ⅳ의 물질들은 원소가 아니다. 분류 Ⅳ의 물질들은 당시의 실험 방법으로는 더 이상 분해할 수 없었기 때문에 원소로 분류하였지만, 나중에 원소가 아님이 밝혀졌다.

라부아지에의 원소 분류

| 분류 | 원소의 특징 | 원소 |
|---|---|---|
| Ⅰ | 동식물 및 광물계에 포함된 원소이며, 기체에 해당한다. | 빛, 열, 수소, 산소, 질소 |
| Ⅱ | 산화되어 산을 만드는 원소이며, 비금속 원소에 해당한다. | 황, 인, 탄소, 염소, 플루오린, 붕소 |
| Ⅲ | 산화되어 염기를 만드는 원소이며, 금속 원소에 해당한다. | 안티모니, 은, 비소, 비스무트, 코발트, 구리, 주석, 철, 망가니즈, 수은, 몰리브덴, 니켈, 금, 백금, 납, 텅스텐, 아연 |
| Ⅳ | 염을 만드는 원소이며, 산화물에 해당하는 화합물이다. | 생석회(산화 칼슘), 마그네시아(산화 마그네슘), 알루미나(산화 알루미늄), 바라이트(황산 바륨), 실리카(이산화 규소) |

14 Ⅰ. 물질의 구성

## 과학 돋보기



### 원소의 개념

(1) **보일** 보일은 진공을 만들고 공기의 탄성을 확인하는 실험을 통해 공기를 원소로 볼 수 없으며, 공기의 대부분은 입자들이 운동할 수 있는 공간이라는 입자 가설을 발표하였다. 그리고 원소는 더 이상 간단한 물질로 나누어지지 않는 기본 물질이라고 정의하였다. 이것은 아리스토텔레스의 4원소설에 이견을 제시한 것이다.

(2) **라부아지에** 그 후 라부아지에는 물을 분해하는 실험을 통해 물이 원소가 아님을 확인하고, 보일의 원소 개념을 재확인하였다.

① 물 분해 실험: 긴 주철관을 벽화로 속으로 통과시켜 뜨겁게 달군 후 주철관의 한쪽에서 물을 천천히 붓고 반대쪽은 냉각수를 지나게 하였다. 이때 뜨거운 주철관에서 가열된 수증기는 수소와 산소로 나누어진다. 이때 생성된 산소는 주철관과 결합하여 산화 철이 되고, 수소는 주철관을 통과하여 냉각수를 지나 용기에 모이게 된다. 따라서 이 실험을 통해 물은 원소가 아니라는 사실을 증명하였다.

② 물 합성 실험: 라부아지에는 물 분해 장치에서 얻은 수소 기체와 다른 방법으로 모은 산소 기체를 혼합한 후 전기 불꽃을 가해 다시 물을 얻었다. 이를 통해 물은 다른 물질로부터 만들 수 있으며, 수소와 산소로 이루어진 물질임을 증명하였다.




물 합성 실험 장치

**스스로 해결하기**
라부아지에는 실험을 통해 더 이상 분해할 수 없는 물질을 ( 원소 )라고 정의하였다.

## 과학 돋보기



### 라부아지에의 원소 분류

(1) **라부아지에 원소 분류의 의의** 라부아지에의 원소에 대한 공헌은 원소의 개념을 정립하였다는 것 외에 최초로 원소를 체계적으로 분류하려고 시도하였다는 데에 있다. 물론 원소의 규칙성을 발견하거나 원소의 특징을 원소의 관계로 설명하지는 못하였지만, 원소들을 유사한 것끼리 분류하려고 한 시도는 주기율표로 가는 출발점이었다고 할 수 있다.

라부아지에는 당시까지 알려진 33개의 원소를 4개의 집단으로 분류하였다. 원소 집단 Ⅰ은 연소를 돕는 기체인 산소와 연소하여 중성 물질을 만드는 수소, 연소하지 않는 질소 등을 포함하고 있다. 원소 집단 Ⅱ는 오늘날 비금속으로 불리는 원소들이고, 원소 집단 Ⅲ은 오늘날 금속으로 불리는 원소들이다.

(2) **라부아지에 원소 분류의 오류** 라부아지에는 원소 집단 Ⅰ에서 빛과 열처럼 물질이 아닌 것도 원소로 분류하였다. 그리고 원소 집단 Ⅳ의 원소들은 화합물에 해당하는데, 당시의 실험 방법으로는 분리할 수 없었기 때문에 원소로 분류하였다. 생석회, 마그네시아, 알루미나, 실리카 등은 비교적 쉽게 발견되는 물질이지만, 녹는점이 높고 분해시키는 데 필요한 에너지가 크기 때문에 당시의 기술로는 분해할 수 없어서 염이라고 하여 원소에 포함시켰다.

**물질을 이루는 원소**

생물들이 살아가는 데 필요한 물과 공기, 우리 생활에 필요한 집이나 옷, 음식 등과 같이 우리 주위에 있는 모든 물질들은 각각 그 물질의 기본 성분인 원소로 이루어져 있다.

대표 물질인 물을 전기 분해해 보면, 물이 어떤 원소로 이루어져 있는지 알 수 있다. 약간의 수산화 나트륨을 녹인 물을 전기 분해 장치에 넣고 전류를 흘려주면 양쪽 유리관에서 모두 기체가 발생한다. 이때 (−)극 쪽의 유리관 끝에 불꽃을 대고 콕을 열면 '펑' 하는 소리가 나면서 불꽃이 확 타오르는데, 이것은 (−)극에서 수소 기체가 생성되기 때문이다. 그리고 (+)극 쪽의 유리관 끝에 꺼져 가던 불씨를 대고 콕을 열면 불씨가 불꽃을 내면서 타는데, 이것은 (+)극에서 산소 기체가 생성되기 때문이다.

**수산화 나트륨** 순수한 물은 전기가 통하지 않기 때문에 수산화 나트륨을 물에 녹여 전기가 통하게 한다.

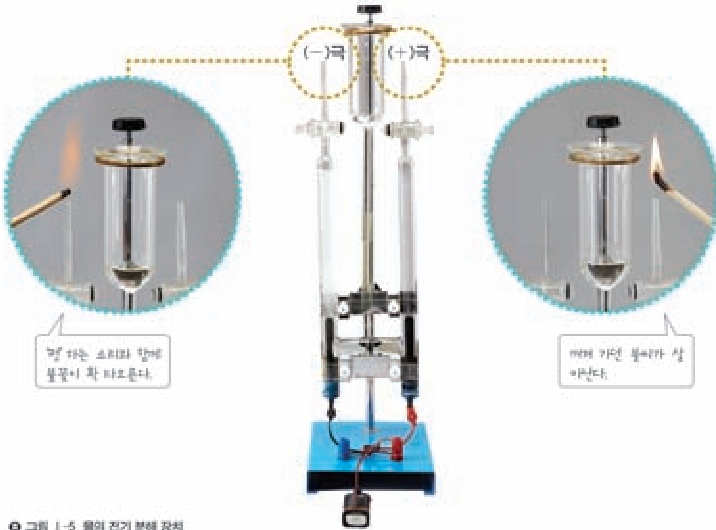



그림 I-5 물의 전기 분해 장치

물은 수소 기체와 산소 기체로 나누어지기 때문에 원소가 아니지만, 수소 기체와 산소 기체는 한 가지 원소로 이루어져 있어서 더 이상 다른 성분으로 분해되지 않는다.

잠깐 체크 물을 이루고 있는 원소의 종류를 써 보자.

1. 원소와 원자 15

과학 톺아보기 

### ❀ 물의 전기 분해

**(1) 방법**

① 물 1 L에 수산화 나트륨을 약 4 g 녹여 전기 분해 장치에 넣고 전류를 흘려주면서 각 전극에서 발생하는 기체를 모은다.

② (−)극에서 발생한 기체에 불꽃을 가까이 대고, (+)극에서 발생한 기체에 꺼져 가는 불씨를 가져가 본다.

**(2) 결과 및 해석**

① (−)극에서 발생한 기체의 부피는 (+)극에서 발생한 기체의 2배이다. ➡ 발생하는 기체의 부피비는 수소 : 산소 = 2 : 1이다.

② (−)극에서 발생한 기체에 불꽃을 대면 '펑' 하는 소리가 난다. ➡ (−)극에서 발생한 기체는 가연성(스스로 타는 성질)이 있는 수소이다.

③ (+)극에서 발생한 기체에 꺼져 가는 불씨를 가져가면 불씨가 살아난다. ➡ (+)극에서 발생한 기체는 조연성(다른 물질이 타는 것을 돕는 성질)이 있는 산소이다.

**잠깐 체크**

물을 이루고 있는 원소는 수소와 산소이다.



### ❀ 여러 과학자의 산소 발견

**(1) 셀레** 스웨덴의 화학자로서, 1772년에 이산화 망가니즈를 진한 황산에 녹이고 가열하여 산소를 얻는 데 성공하였다. 그러나 셸레는 프리스틀리가 1774년에 실시한 실험 결과를 발표할 때까지 자기의 실험 결과를 발표하지 않았기 때문에 공을 인정받지 못하였다.

**(2) 프리스틀리** 산소를 발견한 것을 처음 발표한 사람은 영국의 화학자 프리스틀리이다. 그는 1774년 지름 12 cm의 렌즈로 햇빛을 모아 산화 수은에 열을 가하는 실험을 하여 물에 녹지 않는 기체를 분리해 내었다. 그리고 그 기체 속에서 양초에 불을 붙여 불꽃이 커지는 것을 발견하였으며, 그 기체를 마시기도 하였다. 그런데 프리스틀리는 공기를 혼합물이 아닌 단일한 성분으로 보았으며, 연소나 호흡 시 플로지스톤이 빠져나온다고 생각하였기 때문에 산소를 '탈 플로지스톤 공기' 라고 부르고, 이 기체에 대해 더 이상 연구하지 않았다. 따라서 산소의 정체를 밝혀내지 못하였다.

**(3) 라부아지에** 공기는 두 가지 성분으로 이루어져 있다고 생각한 라부아지에는 수은을 뜨거운 공기와 함께 밀폐된 공간에 12일 동안 방치하는 실험을 하였다. 그 결과 수은의 질량이 증가하고 공기의 부피가 감소하였으며, 실험 후 남은 기체 속에서 양초는 연소되지 않았다. 그리고 이 실험에서 얻은 산화 수은을 가열하여 사라졌던 기체를 다시 얻었고, 이렇게 얻은 기체를 이 실험에서 연소되지 않고 남은 기체와 혼합하였을 때 다시 보통의 공기가 되는 것을 발견하였다. 라부아지에는 산화 수은에서 얻은 이 기체에 '산소(Oxygen)' 라는 이름을 붙였는데, 이것은 산의 성질을 나타내는 중요한 요소라고 생각하였기 때문이다. 라부아지에가 산소를 발견한 것은 연소의 원리를 알아내기 위한 노력의 결과였으며, 주석을 사용해서도 같은 결과를 얻었다.

라부아지에가 산소를 발견함으로써 그 당시까지 상당히 오랫동안 인정받았던 플로지스톤설이 붕괴되었고 새로운 화학 세상이 열렸다. 따라서 라부아지에를 '화학의 아버지' 라고 부른다.

## 과학 톺보기 

### ❀ 한 가지 원소로 이루어진 물질과 두 가지 이상의 원소로 이루어진 물질

(1) **한 가지 원소로 이루어진 물질**  원소는 화학적 방법으로 더 이상 나누어지지 않는 물질을 말한다. 따라서 한 가지 원소로 이루어진 물질은 물질의 성분이 곧 물질이 되어 성분 원소의 성질을 나타낸다. 예를 들어 산소는 숨을 쉬거나 연료가 탈 때 필요한 물질이다. 이때 산소는 독립적인 하나의 물질로 존재하며, 성분 원소는 산소이다. 이처럼 한 가지 원소로 이루어진 물질은 성분 원소의 이름이 물질의 이름이 된다.

한 가지 원소로 이루어진 물질에는 철, 구리, 수소, 질소 등이 있다.

(2) **두 가지 이상의 원소로 이루어진 물질**  두 가지 이상의 원소로 이루어진 물질은 성분 원소의 성질을 나타내지 못하고 새로운 성질을 가지게 된다. 예를 들어 수소와 산소로 이루어진 물은 수소의 끓는점(−253℃), 산소의 끓는점(−183℃)과 관계없이 높은 끓는점(100℃)을 가지며, 스스로 연소되는 수소의 성질과 다른 물질의 연소를 돕는 산소의 성질을 가지지 않고, 불이 난 곳에 뿌리면 불을 꺼지게 하는 성질을 나타낸다.



❸ 물_ 수소와 산소로 이루어져 있다.

두 가지 이상의 원소로 이루어진 물질의 이름은 보통 각 원소의 이름을 포함하여 쓰지만, 물과 같이 관습적으로 써 오던 이름을 사용하기도 한다. 이와 같이 두 가지 이상의 원소로 이루어진 물질을 화합물이라고 한다.

두 가지 이상의 원소로 이루어진 물질에는 산화 철(철+산소), 염화 수소(수소+염소) 등이 있다.

한 가지 원소로 이루어진 물질에는 금, 은, 알루미늄, 수은, 황 등이 있고, 두 가지 이상의 원소로 이루어진 물질을 화합물이라고 하며, 화합물에는 염화 나트륨, 물, 에탄올, 이산화 탄소 등이 있다. 물을 분해하면 수소와 산소로 나누어지는 것처럼 두 가지 이상의 원소로 이루어진 물질을 분해하면 성분 원소를 얻을 수 있다.




❸ 그림 Ⅰ-6 한 가지 원소로 이루어진 물질



**염화 나트륨**_ 나트륨과 염소로 이루어져 있다. **에탄올**_ 수소, 탄소, 산소로 이루어져 있다. **이산화 탄소**_ 탄소와 산소로 이루어져 있다.

❸ 그림 Ⅰ-7 두 가지 이상의 원소로 이루어진 물질

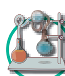
**과학 자료실** 탄소로만 이루어진 여러 가지 물질

다이아몬드, 흑연, 풀러렌, 탄소 나노튜브는 모두 탄소(C)로만 이루어진 물질이다. 그러나 이들은 구조가 서로 달라서 성질도 다르다. 이와 같은 물질의 관계를 '동소체'라고 한다.

이 중 축구공 모양의 풀러렌은 1985년에 흑연 조각에 레이저를 쏘았을 때에 남아 있는 그을음에서 발견되었다. 그리고 관 모양의 탄소 나노튜브는 1991년에 전기 방전으로 만든 탄소 덩어리를 전자 현미경으로 분석하는 과정에서 발견되었다. 풀러렌과 탄소 나노튜브는 다양한 분야에서 그 용도가 계속 연구되고 있는 새로운 물질이다.




16  Ⅰ. 물질의 구성

##  학습 자료실

### ❀ 한 가지 원소로 이루어진 서로 다른 물질

(1) **동소체**  같은 종류의 한 가지 원소로 이루어진 물질이면서 서로 다른 물질이 있다. 이와 같이 한 가지 원소로 이루어진 물질 중에서 구성 입자의 배열이 달라서 성질이 서로 다른 물질을 동소체라고 한다.

(2) **몇 가지 동소체**

① **탄소(C)로 이루어진 동소체:** 다이아몬드, 흑연 등이 있으며 최근에 발견된 풀러렌, 탄소 나노튜브 등도 있다. 다이아몬드와 흑연은 모두 탄소(C) 원자들이 무한히 연결되어 거대한 분자와 같은 구조를 이루고 있다. 그런데 다이아몬드는 강도가 매우 크고 전기 전도성이 없지만, 흑연은 무르고 전기 전도성이 있다. 이와 같이 다이아몬드와 흑연의 성질이 다른 것은 탄소 원자들의 배열이 달라서 서로 다른 구조를 하고 있기 때문이다.

② **산소(O)로 이루어진 동소체:** 산소와 오존이 있다. 2개의 산소(O) 원자가 분자를 구성하면 산소가 되고, 3개의 산소 원자가 분자를 구성하면 오존이 된다.

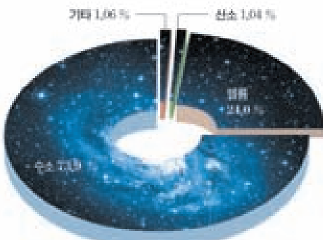
③ **황(S)으로 이루어진 동소체:** 단사황, 사방황, 고무모양 황 등이 있다.

④ **인(P)으로 이루어진 동소체:** 흰인, 붉은인 등이 있다.

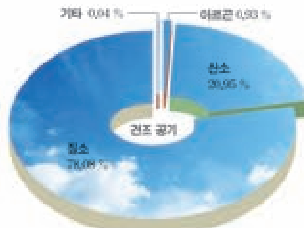
**원소의 분포와 종류**

우리 주변에는 어떤 원소들이 얼마나 있을까?

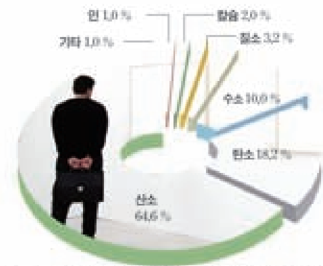
우주 전체를 통틀어 가장 많은 원소는 수소이고, 공기 중 가장 많은 원소는 질소이며 사람의 몸과 지각에서 가장 많은 원소는 산소이다.



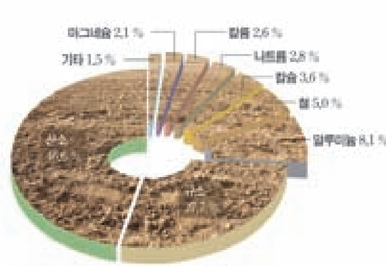

❸ 그림 Ⅰ-8 우주를 구성하는 원소의 질량비
(자료: The Alchemy of the Heavens)




❸ 그림 Ⅰ-9 공기를 구성하는 원소의 부피비
(자료: 한국 지구 과학회)




❸ 그림 Ⅰ-10 사람의 몸을 구성하는 원소의 질량비(60 kg인 남성의 경우)
(자료: Chemical storylines)




❸ 그림 Ⅰ-11 지각을 구성하는 원소의 질량비
(자료: 한국 지구 과학회)

오늘날에는 110여 종류의 원소가 알려져 있으며, 자연에 존재하는 원소가 대부분이지만 인공적으로 만들어진 원소들도 일부 있다. 금, 은, 구리 등은 이미 수천 년 전에 발견되었고, 알루미늄과 같이 19세기 이후에 발견된 원소도 있다. 중세 시대에 발견된 수은과 황 등은 그 당시에는 원소가 아니라 분해되고 만들 수 있는 물질로 여겨지기도 하였다.

원소는 크게 금속 원소와 비금속 원소로 분류할 수 있다. 우리 주변에는 철도, 전선, 장신구, 자동차의 몸체 등과 같이 금속으로 이루어진 것이 있는가 하면 공기, 연료, 연필심 등과 같이 비금속으로 이루어진 것도 있다.

1. 원소와 원자 17

과학 돋보기

❀ 금속 원소와 비금속 원소

(1) **금속 원소** 원소는 크게 금속 원소와 비금속 원소로 분류할 수 있다. 금속 원소와 비금속 원소는 겉보기 성질이 다르다. 즉, 금속 원소는 금속 특유의 광택이 있다. 그러나 광택을 기준으로 금속 원소와 비금속 원소를 분류한 것은 아니며, 물리적 · 화학적 성질에 따라 분류하였다. 금속에는 금속 전체를 자유롭게 돌아다니면서 금속 원자를 서로 강하게 결합시키는 자유 전자가 있기 때문에 녹는점과 끓는점이 높다. 따라서 수은을 제외하고는 모두 상온에서 고체 상태로 존재한다. 또한 자유 전자 때문에 전기가 잘 통하며, 열을 잘 전달한다. 그리고 외부에서 힘을 가할 때 넓게 펴지는 성질(전성)과 가늘게 늘어나는 성질(연성)이 있다.

(2) **비금속 원소** 상온에서 비금속 원소는 대부분 기체 상태나 고체 상태로 존재하는데, 수소, 산소, 질소 등은 기체 상태이고, 황, 탄소, 아이오딘 등은 고체 상태이다. 브로민은 유일하게 상온에서 액체 상태로 존재한다. 비금속 원소는 금속과 달리 자유 전자가 없기 때문에 대부분 전기가 잘 통하지 않고, 열을 잘 전달하지 않는다. 예외적으로 흑연은 비금속 원소인 탄소로 이루어져 있지만 전기가 통하는 성질이 있다. 그리고 비금속 원소는 고체인 경우 외부에서 힘을 가하면 부서진다.




❀ 우리 주변의 원소

(1) **우주를 구성하는 원소** 태양을 구성하는 원소는 태양에서 오는 빛을 분석하여 알게 되었는데, 약 98 %가 수소와 헬륨이다. 태양계 질량의 대부분은 태양의 질량이며, 우주는 태양과 같은 별들로 구성되어 있으므로 우주를 구성하는 원소의 약 98 %가 수소와 헬륨인 것이다. 태양에서는 핵융합 반응에 의해 빛과 열을 내고 있으며, 수소의 핵융합으로 헬륨이 합성된다.

(2) **공기를 구성하는 원소** 공기는 여러 가지 기체로 구성된 혼합물이다. 대부분 질소와 산소로 이루어져 있으며, 가장 많이 들어 있는 원소는 질소이다. 질소는 다른 물질과 잘 반응하지 않지만 산소는 다른 물질과 잘 반응하므로, 공기가 주로 산소로만 이루어져 있다면 화재 등 다양한 화학 반응이 일어날 것이다. 공기에는 질소와 산소 외에 아르곤과 이산화 탄소, 헬륨, 네온, 크립톤 등의 비활성 기체가 약간 포함되어 있다.

(3) **사람의 몸을 구성하는 원소** 사람의 몸을 구성하는 원소에는 산소 64.6 %, 탄소 18.2 %, 수소 10.0 %, 질소 3.2 %, 칼슘 2.0 %, 인 1.0 % 그리고 약간의 칼륨, 마그네슘, 황, 나트륨, 염소, 철, 망가니즈, 구리, 아이오딘 등이 있다. 산소, 탄소, 수소, 질소가 96 % 정도로 대부분을 차지하는데, 이들 중 70 %는 물로 존재하며, 30 %는 단백질, 지방 등의 화합물로 존재한다.

(4) **지구를 구성하는 원소** 우리가 딛고 있는 땅이 지각이며, 지구의 가장 바깥 부분에 해당한다. 지각의 질량은 지구 질량의 약 1 % 정도밖에 안 되므로 지구를 구성하는 원소는 맨틀과 핵의 성분에 의하여 결정된다. 맨틀은 산소, 규소, 마그네슘 등 가벼운 원소들로 구성되어 있고, 핵은 대부분 무거운 원소인 철로 이루어져 있다. 따라서 지구 전체를 구성하는 원소는 철, 산소, 규소, 마그네슘 등의 순서로 많다.




### ❀ 여러 가지 금속 원소

(1) **리튬**　광물에 포함된 고체 원소 중에서 가장 가벼운 백색 금속으로서, 물에 뜨며 물과 잘 반응한다. 리튬을 이용한 전지는 휴대 전화, 노트북 등에 이용되고 있다.

(2) **나트륨**　은백색의 무른 금속이다. 바닷물, 광물, 소금 등에 많이 들어 있으며, 동물의 몸속 생리 작용에 중요한 역할을 한다. 물에 닿으면 폭발하므로 석유나 액체 파라핀 속에 보관한다.

(3) **알루미늄**　지각에 가장 많이 존재하는 금속 원소이다. 반응성이 크기 때문에 산화물 상태로 존재하며, 순수한 산화물 결정은 무색투명하지만 다른 이온의 존재에 따라 홍옥(루비), 청옥(사파이어) 등의 보석이 되기도 한다. 알루미늄은 19세기 이후에 발견되었으며, 금속 중에서도 가볍고 부식에 강하기 때문에 건축물의 재료, 자동차나 항공기의 동체, 알루미늄 포일 등 많은 곳에 이용되고 있다.

(4) **니켈**　철과 비슷한 성질의 원소로서, 철과 함께 지구 중심부에 많이 존재한다. 철보다는 강도가 떨어지지만 부식에 강하고 광택이 좋기 때문에 철을 도금하거나 기계 장치의 부품을 만드는 특수강의 재료로 이용된다.

(5) **아연**　아연과 구리의 합금인 황동(놋쇠)이 먼저 사용되었으며, 금속 아연은 17세기경 인도에서 처음으로 만들어져 중국을 거쳐 유럽에 전해졌다. 오늘날에는 철판을 아연으로 도금하여 함석을 만들어 사용하는데, 이것은 철의 부식을 막는 데 효과적이다. 또 아연은 여러 가지 금속에 합금의 재료로도 이용된다.

(6) **은**　금처럼 반응성이 작아 자연에서 순수한 원소로 얻는다. 금보다 귀하지는 않으나 은백색의 광택을 나타내는 귀금속의 하나로서, 장신구 등에 사용된다. 금속 중에서 전기 전도성과 열전도성이 가장 우수한 금속이다.

용어 상온
일상적인 온도로, 보통 15~25℃를 말한다.

금속 원소에는 철, 구리, 금, 알루미늄, 납 등이 있다. 이들은 특유의 광택이 있고, 전기가 잘 통하며 열을 잘 전달한다. 그리고 망치로 두드리면 얇게 펴지는 성질이 있고, 수은을 제외한 모든 금속은 상온에서 고체 상태이다.

비금속 원소에는 수소, 질소, 탄소, 염소, 황, 인 등이 있는데, 이들은 전기가 잘 통하지 않는다. 상온에서 브로민은 액체 상태이며, 그 외 비금속은 기체나 고체 상태로 존재한다.




18　Ⅰ. 물질의 구성

**참고 자료**　자연에서 금속의 존재 형태와 획득

자연에서 금속은 화합물과 원소의 두 가지 형태로 산출된다. 반응성이 큰 금속은 주로 산화물 형태의 화합물로 존재하고, 반응성이 작은 금속은 원소의 형태로 존재한다.

금, 은, 백금 등은 반응성이 작아 원소 자체로 자연에서 산출된다. 특히 금의 경우는 원소로 산출되기 때문에 예로부터 자연에서 금덩어리를 찾기 위한 다툼도 많이 있었다. 원소의 형태로 산출되는 금속들은 그대로 사용할 수 있기 때문에 인류는 이들을 먼저 발견하여 이용하였다.

반응성이 큰 금속들은 산화물이나 황화물 등의 화합물로 산출되는데, 철은 산화 철로, 구리는 황화 구리로, 알루미늄은 산화 알루미늄으로 산출된다. 화합물로 산출되는 이러한 금속들은 제련 과정을 거쳐야 순수한 금속을 얻을 수 있다. 따라서 반응성이 가장 작은 구리를 가장 먼저 이용하였으며, 그 다음으로 철을 이용하였고, 반응성이 큰 알루미늄을 가장 늦게 이용하였다. 알루미늄 광석은 주로 보크사이트 형태로 존재하는데, 순수한 알루미늄은 공업적으로 보크사이트를 정제하여 산화 알루미늄을 얻은 후, 이 산화 알루미늄을 용융 · 전기 분해하여 얻는다.

**금**은 매장량이 매우 적고, 값비싼 금속이다. 장신구에 많이 사용되며, 다른 물질과 잘 반응하지 않고 전기가 잘 통하면서 펴짐성 등이 좋아 전자 부품에도 많이 사용된다.

**염소**는 황록색의 기체로서, 독성이 크다. 청소용 세제에 포함되어 있고, 수돗물과 수영장 물의 소독에 이용된다.

**질소**는 공기의 78 % 정도를 차지하고 있고, 다른 물질과 잘 반응하지 않기 때문에 안정한 상태를 유지한다. 따라서 과자가 산소에 의해 산화되지 않고 부스러지지 않도록 하기 위해 과자 봉지의 충전제로도 이용된다.

**탄소**는 흑연, 숯, 다이아몬드 등으로 존재한다. 흑연은 우리가 흔히 볼 수 있는 연필심의 주성분이며, 다이아몬드는 보석의 한 종류이기도 하지만 공구 등에도 이용된다.

자기 주도 학습

개념 확인하기

물질을 이루는 기본 성분으로서, 더 이상 분해되지 않는 물질을 무엇이라고 하는가?

생활 속 문제 해결하기

집 안에 있는 물건들 중 한 가지를 선택하여 그 물건을 이루고 있는 원소의 종류를 찾아보자.

1. 원소와 원자 19

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

물질을 이루는 기본 성분이며, 더 이상 분해되지 않는 물질을 원소라고 한다.

▶ 생활 속 문제 해결하기

예시_ • 식초: 수소, 탄소, 산소 등 • 베이킹파우더: 수소, 탄소, 산소, 나트륨 등
• 표백제: 수소, 산소, 염소, 나트륨 등 • 소독약: 수소, 산소, 아이오딘 등

옷은 석유를 원료로 하는 합성 섬유나 천연 원료로 만든 것 모두 탄소, 수소, 산소를 포함하고 있다. 나무로 만든 책상, 책장 등의 가구도 주성분은 탄소, 수소, 산소이다.

텔레비전, 냉장고 등 전자 제품의 경우 골격은 유리, 플라스틱, 철 등으로 이루어져 있다. 이때 유리를 이루는 원소는 규소와 산소이며, 플라스틱은 석유에서 얻어지는 물질이므로 탄소와 수소, 산소로 이루어져 있다. 철은 그 자체가 원소이지만 스테인리스강을 사용하는 경우는 니켈, 크로뮴 등을 포함한다. 또 가볍게 하기 위해 알루미늄을 사용하기도 한다. 그리고 전자 제품의 핵심 부품인 회로 기판은 플라스틱 판 위에 전류가 흐르도록 구리가 포함되어 있으며, 반도체 칩은 규소를 기본으로 하고 붕소나 인을 첨가하기도 한다.

## 학습 자료실

### ❀ 여러 가지 비금속 원소

(1) **플루오린** 공기보다 약간 무거운 연한 황록색의 기체로서, 자극적인 냄새가 나며 흡입하면 위험하다. 형석에서 얻을 수 있으며, 치약, 살충제 등을 만들 때 사용한다.

(2) **산소** 공기의 약 21 %를 차지하는 산소는 생물체의 호흡에 필수적인 기체이다. 또 물질의 연소와 금속의 부식은 모두 산소와 반응하는 것이다.

식물은 광합성으로 이산화 탄소를 흡수하고 산소를 배출하며, 동물과 식물은 호흡으로 산소를 흡수하고 이산화 탄소를 배출한다. 탄수화물이나 당류도 산소를 포함하고 있다.

(3) **규소** 지각에서 산소 다음으로 많은 원소이며, 지구에서도 철, 산소 다음으로 많은 원소이다. 그러나 원소로 존재하지 않고 규산염 광물에 화합물로 존재한다. 반도체에 사용하는 규소는 매우 높은 순도를 필요로 하기도 한다.

(4) **인** 자연에서 홑원소 상태로 존재하지 않는다. 동물의 이나 뼈를 구성하는 성분이며, 생물체의 핵산, ATP를 구성하는 성분이기도 하다.

(5) **황** 고대부터 그 존재가 알려져 있었으며, 황을 태워 소독하는 데 이용하기도 하였다. 화산 지대에서 많이 생산되며, 황산, 성냥, 화약, 의약품 등의 원료로 사용된다.

(6) **염소** 황록색을 띤 독성이 강한 기체이다. 물에 녹으면 표백 및 살균 작용을 한다.

(7) **아르곤** 공기 중에서 질소, 산소 다음으로 많은 원소이다. 반응성이 거의 없는 비활성 기체로서, 고온에서 매우 안정하므로 백열전구, 형광등, 진공관에 넣는 기체로 이용된다.



▲ 형광등

# 1-2 원소의 표현과 확인

## 학습 내용 안내

(1) 연금술사, 돌턴, 베르셀리우스가 제안한 원소 기호를 나타내는 방법에 대해 설명한다.
(2) 대표적인 여러 가지 원소를 원소 기호로 나타낸다.
(3) 불꽃 반응 실험에 대해 이해하고, 불꽃 반응을 통해 금속 원소와 금속 원소를 포함한 화합물을 구별한다.
(4) 스펙트럼의 종류를 알고, 선 스펙트럼으로 원소를 구별하는 원리를 설명한다.

## 학습 전개

생활 속에서 어떤 상황을 기호로 나타낼 때와 글이나 말로 나타낼 때를 비교하여 원소 기호의 필요성을 알게 한다.

↓

연금술사와 돌턴이 제안한 원소 기호를 나타내는 방법을 학습하고, 문제점을 알게 한다.

↓

베르셀리우스가 제안한 원소 기호를 나타내는 방법을 이해시키고, 대표적인 원소들의 원소 기호를 익히도록 지도한다.

↓

불꽃 반응 실험을 통해 금속 원소를 구별하는 방법을 이해하도록 지도한다.

↓

스펙트럼의 의미를 이해하고, 불꽃색으로 구별되지 않는 원소들은 선 스펙트럼으로 구별할 수 있음을 이해시킨다.

**찾아보기**

• LG 사이언스 랜드
http://www.lg-sl.net



# 1-2 원소의 표현과 확인



**학습 목표**

• 대표적인 여러 가지 원소를 원소 기호로 나타낼 수 있다.
• 불꽃 반응을 통해 금속 원소의 종류를 구별할 수 있다.

우리 일상생활에는 기호들로 정해져 있는 규칙이 많다. 신호등, 도로 위의 교통 안전 표지들, 심지어 화장실까지 그림과 색깔로 나타낸 기호를 사용하고 있다. 만약 이러한 기호들이 쉽게 이해되지 않거나 일부 사람들만 이해할 수 있다면 사람들의 생활은 어떻게 될까?

일상생활에서 사용하는 기호들은 그 의미가 쉽게 전달되어야 하며, 특별히 학습하지 않고도 알거나 간단히 익힐 수 있어야 한다. 기호가 생활의 간편함을 주기 위한 것이라면 그 익힘과 활용 또한 간편해야 하기 때문이다.

### 원소 기호

일상생활에서 다양한 기호를 사용하는 것처럼 여러 가지 원소들도 기호로 나타내면 편리하다.

중세 시대의 연금술사들은 금을 만들기 위한 연구 과정에서 실험에 사용한 물질과 만든 물질들을 기록할 때 기호를 사용하였다. 그런데 이들은 자신들만 알 수 있는 기호를 사용하는 경향이 있어서 기호 자체가 이해되지 않는 경우가 있었고, 같은 물질인데도 다른 기호를 사용하는 경우도 많았다. 그 후 19세기 초 영국의 과학자 돌턴은 당시까지 밝혀진 원소들의 기호를 원 모양으로 좀 더 간단하게 정리하였다.

인物 돌턴
(Dalton, J. : 1766~1844)
1802년 9월 실험 노트에 원형의 원소 기호를 기록하였고, 그 다음 해에 구 모양의 원자 모형을 연구하여 제안하였다.






그림 Ⅰ-12 연금술사의 원소 기호

그림 Ⅰ-13 돌턴의 원소 기호

ELEMENTS

| Element | Weight | Element | Weight |
|---|---|---|---|
| Hydrogen | 1 | Strontian | 46 |
| Azote | 5 | Barytes | 68 |
| Carbon | 5 | Iron | 50 |
| Oxygen | 7 | Zinc | 56 |
| Phosphorus | 9 | Copper | 56 |
| Sulphur | 13 | Lead | 90 |
| Magnesia | 20 | Silver | 190 |
| Lime | 24 | Gold | 190 |
| Soda | 28 | Platina | 190 |
| Potash | 42 | Mercury | 167 |





과학 돋보기

**원소 기호의 필요성**

(1) **일상생활에서의 기호** 공항이나 지하철 등 많은 사람들이 이용하는 시설에는 기호를 사용하여 화장실, 올라가는 곳, 내려가는 곳, 나가는 곳 등 여러 가지 표시를 한다. 그런데 사람들이 해당 기호의 의미를 알지 못한다면 기호로 표시한 의미가 없다. 따라서 이와 같은 기호들은 의미를 쉽게 파악할 수 있도록 만들어져야 하고, 사람들은 이 기호의 의미를 미리 익히고 있어야 한다.

(2) **연금술사들의 원소 기호** 중세 시대의 연금술사들도 기호를 사용하여 물질을 나타냈는데, 연금술사들은 그들 사이에 정보를 주고받기 위해 기호를 사용하였기 때문에 다른 사람들은 잘 알 수 없었다.

(3) **돌턴의 원소 기호** 연금술사들의 원소 기호에서 나타난 문제점을 개선하기 위해 돌턴은 그때까지 알려진 원소들을 간단한 기호로 정리하였다. 돌턴의 원소 기호는 원 안에 각 원소를 표시하여 더 단순하게 나타냈지만, 이 기호도 간단하지 않았고 다양한 원소를 표현하는 데는 한계가 있었다. 그리고 원소들이 계속 추가로 발견되면서 그림이 복잡해지고 기억하기 어려워졌다.

그러나 돌턴의 원소 기호도 여전히 사용하기가 쉽지 않았고, 다양한 원소를 나타내기에는 어려움이 따랐다.

이후 스웨덴의 과학자 베르셀리우스는 원소의 이름에 포함된 문자의 일부를 원소 기호로 사용하는 방법을 제안하였다. 그는 라틴 어나 그리스 어로 된 원소 이름에서 기호를 만들어 냈으며, 최근에 발견된 원소들은 대부분 영어의 알파벳에서 따온 기호를 사용하고 있다. 원소 기호는 원소 이름의 첫 글자만 쓰거나 첫 글자와 중간 글자를 함께 써서 나타낸다. 이때 원소 기호의 첫 글자는 대문자로 나타내고, 첫 글자가 같을 경우에는 중간의 적당한 글자를 택하여 첫 글자 다음에 소문자로 나타낸다.

| 원소 | 원래 이름 | | 원소 기호 |
| --- | --- | --- | --- |
| 수소 | Hydrogen (영어) | → | H |
| 헬륨 | Helios (그리스 어) | → | He |
| 수은 | Hydrargyrum (라틴 어) | → | Hg |

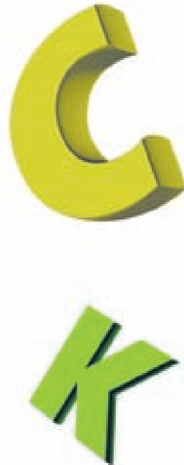
**베르셀리우스(Berzelius, J. J. : 1779~1848)** 오늘날 사용하고 있는 화학 기호를 제안하였으며, 산소의 원자량을 기준으로 다른 원소의 원자량을 결정하였다. 또 세륨, 셀레늄, 토륨 등의 원소를 발견하기도 하였다.

**헬륨(He)과 수은(Hg)** 헬륨과 수은은 첫 글자가 모두 수소의 원소 기호와 같다. 따라서 두 원소를 구별하기 위해 헬륨은 두 번째 글자인 e를 소문자로 쓰고, 수은은 중간 글자인 g를 소문자로 사용하였다.

이와 같이 간단한 원소 기호를 사용하면 서로 언어가 다른 사람들끼리도 물질에 대한 정보를 쉽게 주고받을 수 있다.

표 Ⅰ-1 여러 가지 원소와 원소 기호

| 원소 | 원소 기호 | 원소 | 원소 기호 | 원소 | 원소 기호 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 수소 | H | 나트륨 | Na | 철 | Fe |
| 탄소 | C | 마그네슘 | Mg | 구리 | Cu |
| 산소 | O | 알루미늄 | Al | 은 | Ag |
| 질소 | N | 황 | S | 아이오딘 | I |
| 네온 | Ne | 칼륨 | K | 수은 | Hg |



원소의 이름은 지역 이름이나 국가 이름에서 따오거나 발견자의 이름에서 유래한 경우도 있다. 마그네슘(Mg)은 Magnesia라는 마그네슘을 채굴하던 지역 이름에서 따왔고, 저마늄(Ge)은 국가 이름인 독일(Germany)에서 따왔다. 또 퀴륨(Cm)은 퀴리(Curie) 부인의 이름에서 유래하였으며, 노벨륨(No)은 노벨(Novel)을 기념하기 위해 이름 붙였다.

잠깐 체크 염소, 칼슘, 금의 원소 기호를 25쪽의 과학 자료실에서 찾아 적어 보자.

1. 원소와 원자 21



## 과학 돋보기

### 원소 이름과 원소 기호의 기원

(1) **수소(H)** 그리스 어로 Hydro는 물, gennao는 만들어 낸다는 뜻이다. 여기에서 유래하여 Hydrogen이라고 명명하였다. 그리고 원소 기호는 그 첫 글자인 H를 사용한다.

(2) **헬륨(He)** 그리스 어로 Helios는 태양을 뜻하는데, 태양의 스펙트럼을 분석하여 헬륨을 발견했기 때문에 Helium이라는 이름이 붙여졌다. 원소 기호는 Helium의 첫 글자가 수소와 같으므로 두 번째 글자인 e를 붙여서 He를 사용한다.

(3) **탄소(C)** 숯을 뜻하는 라틴 어 Carbo에서 유래하였으며, 첫 글자인 C를 원소 기호로 사용한다.

(4) **질소(N)** 그리스 어 Nitron(초석)과 genes(만들다)를 합성하여 Nitrogen이 되었으며, 그 첫 글자인 N을 원소 기호로 사용한다.

(5) **산소(O)** 영어로는 Oxygen인데, 이것은 그리스 어 Oxys(신맛)와 genes의 합성어이다.

(6) **나트륨(Na)** 영어로는 Sodium이며, 이것은 중세 유럽에서 두통약으로 이용되던 sodanum에서 유래하였다. Natrium은 탄산 나트륨의 라틴 어 Natrium에서 첫 글자와 두 번째 글자를 따서 사용한다.

(7) **금(Au)** 영어로는 Gold이지만, 라틴 어로는 Aurum이라고 한다. Aurum의 첫 글자 A와 두 번째 글자 u를 원소 기호로 사용한다.

(8) **은(Ag)** 영어로는 Silver이며, 라틴 어 Argentum의 첫 글자 A가 금의 원소 기호와 같으므로 금과 구별하기 위해 g를 함께 써서 나타낸다.

## 학습 자료실

### 베르셀리우스(Berzelius, J. J. : 1779~1848)

스웨덴의 화학자로서, 웁살라 대학에서 의학을 공부하였지만 졸업한 뒤에는 화학을 연구하였다. 그는 오늘날 사용하는 화학 기호를 제안하였으며, 몇 가지 원소를 발견하고 분리하였다. 1807년경부터 화합물을 분석하기 시작하여 10년간 2000번 정도의 실험을 하였으며, 산소의 원자량을 기준으로 하여 다른 원소들의 원자량을 결정하였다. 또한 염류 수용액을 전기 분해한 결과 모든 화합물이 (+)와 (−)의 전하를 띤 두 가지 성분으로 이루어져 있다는 전기 화학적 이론을 주장하였고, 세륨(1803년), 셀레늄(1817년), 토륨(1828년) 등의 원소를 발견하였다.



베르셀리우스

철저한 경험주의자인 그는 실험을 하면서 필요한 실험 기구들도 개선하거나 만들었는데, 오늘날 실험실에서 많이 사용되고 있는 물중탕, 데시케이터, 세척병, 거름종이, 고무관 등은 모두 그가 개발하거나 개량한 것이다. 또한 혈액, 유즙, 근육, 쓸개즙, 골수 등의 화학 성분을 분석하였으며, 이성질체 현상, 촉매 등에 대한 견해도 그가 처음으로 밝힌 것이다.

### 잠깐 체크

염소의 원소 기호는 Cl, 칼슘의 원소 기호는 Ca, 금의 원소 기호는 Au이다.

## 탐구 활동 실험

### 목표

불꽃 반응에서 나타나는 불꽃색을 관찰하여 금속 원소의 종류를 구별할 수 있다.

### 원리 설명

1 니크롬선을 염산에 담가 니크롬선에 묻은 불순물을 녹여 제거한다.
2 겉불꽃은 산소 공급이 잘 되어 속불꽃보다 온도가 높고, 무색이어서 색을 관찰하기 좋다. 따라서 수용액을 묻힌 니크롬선을 겉불꽃에 넣는다.
3 금속 원소를 포함한 물질을 겉불꽃 속에 넣으면 포함된 금속 원소에 따라 다른 크기의 열에너지를 흡수한 후 다시 방출하는데, 이때 그 차이만큼의 에너지가 빛으로 방출된다. 이 빛이 가시광선에 속하면 빛의 파장에 따라 독특한 색을 나타내는 것이 불꽃색이다.
4 분광기는 불꽃 반응으로 나오는 빛이 파장에 따라 회절되는 정도의 차이를 이용하여 빛을 분리하는 기구이다. 파장이 짧은 빛일수록 굴절되는 정도가 크다.

### 유의점

1 토치를 사용할 때 불이 사람을 향하지 않도록 하고, 화상을 입지 않도록 주의한다.
2 니크롬선에 수용액을 묻혀 불꽃색을 관찰하기 전에 반드시 니크롬선을 염산과 증류수로 씻어서 이전에 묻힌 용액의 색이 나타나지 않도록 한다.

### 결과

| 물질 | 불꽃색 |
|---|---|
| 염화 나트륨 | 노란색 |
| 질산 나트륨 | 노란색 |
| 염화 스트론튬 | 빨간색 |
| 질산 스트론튬 | 빨간색 |
| 염화 구리(Ⅱ) | 청록색 |
| 질산 구리(Ⅱ) | 청록색 |
| 질산 칼륨 | 보라색 |
| 염화 리튬 | 빨간색 |



❶ 그림 Ⅰ-14 금속 용접

**원소의 확인**

산업 현장에서는 같은 종류의 금속 또는 다른 종류의 금속에 열을 가하여 용융 상태로 만들었다가 굳히면서 금속을 서로 붙이는 용접을 한다. 용접을 할 때에는 번쩍이는 불꽃이 일어나는데, 구리의 경우는 청록색의 빛이 나타난다. 그렇다면 다른 종류의 금속에서는 어떤 불꽃색이 나타날까?

금속 원소는 화합물 속에 존재하기도 한다. 그러나 화합물 속에는 어떤 원소가 포함되어 있는지 알기 어렵다. 금속 원소가 포함된 화합물을 불꽃 반응시켰을 때 원소의 종류에 따라 불꽃색이 어떻게 달라지는지 알아보자.

**탐구 활동** 불꽃 반응 실험(동영상)

**목표**

불꽃 반응에서 나타나는 불꽃색으로 금속 원소의 종류를 구별할 수 있다.

**준비물**

염화 나트륨, 질산 나트륨, 염화 구리(Ⅱ), 질산 구리(Ⅱ), 염화 스트론튬, 질산 스트론튬, 질산 칼륨, 염화 리튬, 증류수, 묽은 염산, 비커, 토치, 니크롬선, 보안경, 장갑

**유의점**

1. 보안경을 반드시 착용하고, 장갑을 낀다.
2. 염산은 위험하므로 조심해서 다룬다.
3. 토치의 불꽃색은 붉은색을 띠지 않도록 조절한다.
4. 불꽃색을 잘 확인할 수 있도록 어두운 환경에서 실험하도록 한다.

**과정**

❶ 준비한 여덟 가지의 물질들을 증류수에 녹여 수용액을 만든다.
❷ 니크롬선을 묽은 염산으로 씻은 다음 증류수로 헹구고, 토치의 겉불꽃 속에 넣어 가열한다. 다른 색이 나타나지 않을 때까지 반복한다.
❸ 니크롬선에 ❶에서 만든 수용액 한 가지를 묻힌 다음, 겉불꽃 속에 넣어 나타나는 색을 관찰한다.
❹ 니크롬선에 나머지 수용액을 차례대로 묻혀 불꽃색을 관찰한다. 이때 한 번 사용한 니크롬선은 수용액이 바뀔 때마다 ❷의 과정을 거친다.







22 Ⅰ. 물질의 구성

### 해석 | 창의 · 인성

1 염화 나트륨과 질산 나트륨, 염화 스트론튬과 질산 스트론튬, 염화 구리(Ⅱ)와 질산 구리(Ⅱ)의 불꽃색이 각각 같다. 그 이유는 금속은 원소마다 독특한 불꽃색을 나타내므로 같은 금속 원소를 포함하는 물질은 같은 불꽃색을 나타내기 때문이다.
2 몇 가지 금속 원소를 확인할 수 있는데, 불꽃색에 따라 노란색으로는 나트륨, 빨간색으로는 스트론튬이나 리튬, 청록색으로는 구리, 보라색으로는 칼륨을 확인할 수 있다.

### 평가 기준표

| | 평가 문항 | 점수(✓) 상 | 중 | 하 |
|---|---|---|---|---|
| 과정 | 1. 보안경을 착용하고 안전하게 실험하는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 니크롬선을 염산과 증류수로 씻어서 사용하는가? | □ | □ | □ |
| | 3. 니크롬선을 겉불꽃 속에 넣어 불꽃색을 관찰하는가? | □ | □ | □ |
| 결과 | 1. 같은 금속 원소를 포함한 화합물의 불꽃색을 같은 색으로 옳게 기록하는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 같은 물질에서 불꽃색이 같은 이유를 옳게 설명하는가? | □ | □ | □ |

탐 | 구 | 도 | 우 | 미

니크롬선을 겉불꽃 속에 넣는 이유: 겉불꽃은 산소가 충분히 공급되어 온도가 가장 높고 무색이기 때문이다.

**결과**

각 수용액의 불꽃색을 다음 표에 기록해 보자.

| 물질 | 불꽃색 | 물질 | 불꽃색 |
|---|---|---|---|
| 염화 나트륨 | | 염화 구리(Ⅱ) | |
| 질산 나트륨 | | 질산 구리(Ⅱ) | |
| 염화 스트론튬 | | 질산 칼륨 | |
| 질산 스트론튬 | | 염화 리튬 | |

**해석** 창의 · 인성

1 불꽃색이 같은 물질끼리 짝지어 보고, 불꽃색이 같은 이유를 설명해 보자.

2 화합물의 불꽃색으로 어떤 원소를 확인할 수 있는지 설명해 보자.

**탐구의 확장** 분광기를 이용한 불꽃색의 관찰

준비물 염화 스트론튬 수용액, 질산 스트론튬 수용액, 염화 리튬 수용액, 분광기, 색연필(빨강, 주황, 노랑, 초록, 파랑, 남색, 보라)

과정 불꽃 반응 실험과 같은 방법으로 실험을 하되, 각 수용액의 불꽃을 맨눈으로 관찰하는 대신 분광기로 관찰한다.

탐 | 구 | 도 | 우 | 미

분광기: 빛을 여러 가지 색으로 나누어 주는 장치이다.

염화 스트론튬 수용액 질산 스트론튬 수용액 염화 리튬 수용액

결과 분광기로 관찰한 결과를 색연필로 기록해 보자.

| 물질 | 분광기로 관찰한 결과 |
|---|---|
| 염화 스트론튬 | |
| 질산 스트론튬 | |
| 염화 리튬 | |

해석 맨눈으로 불꽃색을 관찰할 때와 분광기로 관찰할 때에는 어떤 차이가 있는지 설명해 보자.

1. 원소와 원자 23

## 탐구의 확장

### 결과

| 물질 | 분광기로 관찰한 결과 |
|---|---|
| 염화 스트론튬 | |
| 질산 스트론튬 | |
| 염화 리튬 | |

### 해석

맨눈으로 불꽃색을 관찰할 때에는 염화 스트론튬, 질산 스트론튬, 염화 리튬이 모두 붉은색을 나타낸다. 그러나 분광기로 관찰할 때에는 염화 스트론튬과 질산 스트론튬은 같은 스펙트럼이 나타나지만, 염화 리튬은 다른 스펙트럼이 나타난다. 따라서 다른 원소를 포함하고 있어도 불꽃색이 비슷하여 구별할 수 없는 물질의 경우 분광기로 관찰하면 쉽게 구별할 수 있다.

## 학습 자료실

### 불꽃놀이에서 불꽃의 색깔

불꽃놀이에서 쓰이는 화약에는 여러 가지 금속 원소가 들어 있다. 따라서 불꽃놀이에서 나타나는 화려한 불꽃색은 금속 원소를 포함한 화약이 터지면서 금속 원소의 불꽃색이 나타나는 것이다. 불꽃놀이에서 특정한 색깔의 불꽃을 보고 싶다면 해당 불꽃색을 나타내는 금속을 포함한 화합물을 화약과 함께 섞어 주면 된다.



❸ 불꽃놀이

### 네온사인

여러 가지 모양을 내어 구부린 유리로 만든 진공관에 소량의 기체를 저압으로 봉입하고, 철 또는 구리로 만든 유리관의 양쪽 전극에서 수백~수만 V의 전류를 방전시켜서 빛을 내도록 만든 등이다. 광고나 장식용으로 자주 쓰인다. 네온사인은 형광등과 마찬가지로 글로 방전(매우 낮은 압력인 0.5 mmHg 정도에서 기체를 수 cm 채운 방전관에 전극을 놓고 높은 전압을 가하면 전류가 흐름에 따라 글로(희미한 빛)가 발생하는 현상)을 이용한 것으로, 내부의 기체가 이온화하여 빛을 낸다. 두 종류 이상의 기체를 혼합하여 다양한 색을 내기도 하는데, 유리관이 내는 색은 봉입된 기체의 종류에 따라 달라진다. 질소는 노란색, 산소와 네온은 주황색, 이산화 탄소는 흰색, 수은 증기는 청록색, 헬륨은 붉은색의 빛을 낸다.



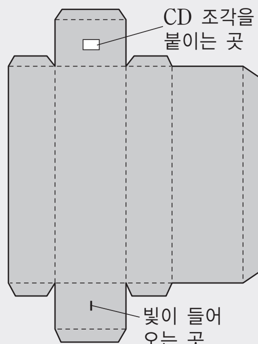
❸ 네온사인



**이런 실험도 가능해요!** 간이 분광기 만들기

CD에는 가는 홈이 많이 파여 있어 통과되는 빛을 분산시키는 효과가 있다. 따라서 CD로 간이 분광기를 만들어 빛의 스펙트럼을 관찰할 수 있다.

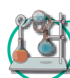
(1) 다음 그림과 같이 두꺼운 검은 종이로 간이 분광기 통의 전개도를 그린다.




(2) CD의 뒷면에 테이프를 붙였다 떼었다 하면서 CD의 막을 벗겨 낸 후, 가위로 2×3 cm 크기로 자른다.

(3) 과정 (2)의 CD 조각을 분광기 통의 전개도에 붙인 후, 풀을 사용하여 분광기 통을 조립한다.

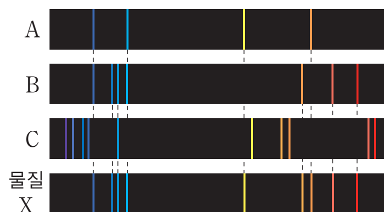
(4) 분광기의 작은 구멍이 빛을 향하도록 한 후, CD 조각을 통해 관찰한다.



**학습 자료실**

**❀ 선 스펙트럼의 분석**

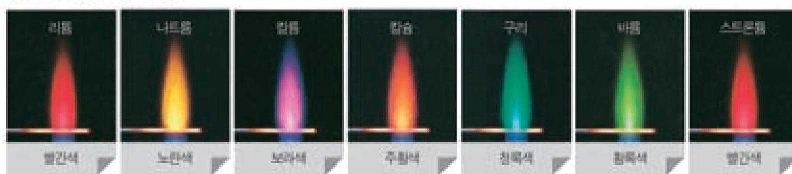
어떤 물질의 스펙트럼에는 그 물질에 포함된 성분 원소의 선 스펙트럼이 겹쳐져서 나타난다. 아래 그림에서 물질 X의 스펙트럼에 나타난 선에서 위로 점선을 그었을 때 선의 위치가 모두 같은 원소는 물질 X에 포함된 원소이다. 따라서 물질 X는 원소 A와 B를 포함하고 있다.




참고 불꽃 반응은 물질의 양이 매우 적더라도 물질에 포함된 금속 원소를 알아내는 데 효과적이다.

금속 원소는 종류에 따라 각각 독특한 불꽃색을 나타내므로 불꽃색으로 금속 원소를 구별할 수 있다. 또한 화합물의 종류가 다르더라도 같은 금속 원소가 들어 있으면 같은 불꽃색을 나타내기 때문에 화합물 속에 들어 있는 금속 원소를 확인할 수 있다. 예를 들어 나트륨은 불꽃색이 노란색을 띠는데, 염화 나트륨과 질산 나트륨은 모두 나트륨을 포함하고 있어 불꽃색이 노란색으로 같게 나타난다.

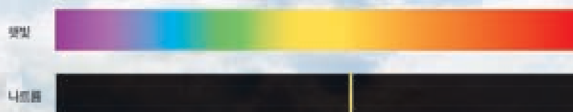
⊙ 그림 Ⅰ-15 금속 원소의 불꽃색




그러나 서로 다른 원소를 포함하고 있어도 불꽃색이 비슷하여 구별하기 어려운 경우가 있다. 리튬과 스트론튬은 불꽃색이 붉은색으로 거의 같아서 리튬이 들어 있는 화합물과 스트론튬이 들어 있는 화합물을 구별하기 어렵다. 이와 같이 불꽃색이 비슷한 원소들은 분광기를 이용하여 스펙트럼을 관찰하면 쉽게 구별할 수 있다.

**스펙트럼**은 빛을 프리즘과 같은 분광기에 통과시킬 때 나타나는 여러 가지 색의 띠를 말하는데, 원소들은 각각 고유의 스펙트럼을 나타낸다.

햇빛이나 백열전등의 빛을 분광기로 관찰하면 빨간색에서 보라색까지 여러 가지 색깔이 연속적으로 나타나는데, 이것을 **연속 스펙트럼**이라고 한다. 그런데 나트륨을 사용한 가로등과 같이 특정한 원소를 사용하는 경우에는 특정한 색깔에 해당하는 부분에만 밝은 선이 나타나고 다른 부분은 어둡게 나타난다. 이와 같은 선 모양의 스펙트럼을 **선 스펙트럼**이라고 한다.




⊙ 그림 Ⅰ-16 연속 스펙트럼과 선 스펙트럼

24

**심화 학습** **스펙트럼**

(1) **연속 스펙트럼** 빛은 파장에 따라 굴절되는 정도가 다르다. 파장이 짧은 빛일수록 슬릿이나 프리즘을 통과할 때 더 많이 굴절되기 때문에 여러 파장의 빛이 혼합되어 있는 빛들은 그에 따라 빛이 분리되어 나타난다. 태양광이나 백열등의 빛은 가시광선 전 영역의 빛을 포함하고 있으므로 분리된 빛이 연속적으로 나타나는데, 이를 연속 스펙트럼이라고 한다.



⊙ 연속 스펙트럼

(2) **선 스펙트럼** 원소들이 나타내는 빛은 원자에 포함된 전자가 에너지를 얻어 높은 에너지 상태로 되었다가 다시 낮은 에너지 상태로 변할 때 내놓는 빛이다. 이때 원자에서 전자가 가질 수 있는 에너지가 몇 가지로 제한되어 있기 때문에 한두 가지의 원소만 포함하는 화합물에서 내놓는 빛은 몇 개의 선으로 보이는 것이다. 선 스펙트럼으로 원소를 구별할 때에는 선의 위치, 굵기, 개수 등을 비교해야 하며, 이 중 서로 다른 것이 있으면 다른 원소라고 할 수 있다.

선 스펙트럼을 관찰하면 원소의 종류에 따라 선의 색깔이나 위치, 개수, 굵기 등이 서로 뚜렷하게 다르므로 리튬과 스트론튬처럼 불꽃색이 비슷한 원소일지라도 분명하게 구별할 수 있다.

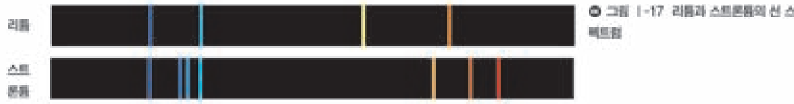


그림 Ⅰ-17 리튬과 스트론튬의 선 스펙트럼

**과학 자료실** 현대의 여러 가지 원소들

1869년에 러시아의 화학자 멘델레예프(Mendeleev, D. I. : 1834~1907)는 당시까지 알려져 있던 원소들을 원자의 상대적 질량 순서에 따라 배열하였다. 이때 성질이 비슷한 원소가 일정한 간격을 두고 주기적으로 나타난다는 사실을 발견하여 이를 바탕으로 주기율표를 만들었다. 이후 1913년에 영국의 물리학자 모즐리(Moseley, H. G. J. : 1887~1915)는 원소를 원자 번호 순으로 나열하여 현재 우리가 사용하는 주기율표를 완성하였다.

멘델레예프

**자기 주도 학습**

개념 확인하기: 칼륨의 원소 기호를 쓰고, 칼륨과 같은 금속 원소를 확인하는 방법을 써 보자.

생활 속 문제 해결하기: 땀을 니크롬선에 묻혀 불꽃 반응을 시키면 노란색이 나타난다. 땀의 불꽃 반응으로부터 확인할 수 있는 원소의 이름과 기호를 써 보자.

개념 응용하기: 원소를 확인할 때 선 스펙트럼은 불꽃 반응에 비해 어떤 장점이 있는가?

1. 원소와 원자 25

## 자·기·주·도·학·습

### ▶ 개념 확인하기

칼륨의 원소 기호는 K이며, 금속 원소를 확인하기 위해서는 불꽃 반응에서 나타나는 불꽃색을 관찰하거나 불꽃색을 분광기로 관찰하여 스펙트럼을 비교한다.

### ▶ 생활 속 문제 해결하기

불꽃 반응에서 노란색이 나타나는 원소는 나트륨(Na)이다. 따라서 사람이 흘리는 땀에는 나트륨 이온($Na^+$)이 포함되어 있다는 것을 알 수 있다. 사람의 땀은 99 %가 물이며, 염화 나트륨, 칼륨, 젖산 등이 포함되어 있는데, 염화 나트륨 이외에는 매우 적은 양이 들어 있다. 따라서 염화 나트륨에 포함된 나트륨 원소 때문에 노란색의 불꽃색이 나타나는 것이다.

### ▶ 개념 응용하기

리튬, 스트론튬과 같이 불꽃색이 비슷한 경우에는 불꽃색으로 구별하기 어렵다. 이와 같이 불꽃색이 비슷한 경우 선 스펙트럼을 관찰하면 원소의 종류에 따라 스펙트럼의 선의 위치, 색깔, 개수, 굵기 등이 다르게 나타나므로 구별할 수 있다.



### ❀ 원소 분류의 역사

(1) **라부아지에의 원소 분류** 원소의 개념이 정립되고, 발견 및 정리되는 원소들의 수가 많아지면서 원소들을 분류하기 시작하였다. 최초의 원소 분류는 1789년 라부아지에가 그때까지 알려진 원소 33가지를 동식물 및 광물계에 포함된 원소, 산화되어 산을 만드는 원소, 산화되어 염기를 만드는 원소, 염을 만드는 원소 등 네 그룹으로 분류한 것이다.

(2) **되베라이너의 세 쌍 원소설** 독일의 화학자 되베라이너는 1829년 원소의 물리적 성질과 화학적 성질의 관계에 대한 연구 결과를 발표하였다. 그는 여러 원소 중 성질이 비슷한 원소들이 3개씩 존재하는 것을 발견하고 이것을 세 쌍 원소라고 하였으며, 세 쌍 원소에 속하는 원소들의 원자량 사이에 일정한 관계가 있음을 알아내었다.

(3) **뉴랜즈의 옥타브설** 1864년 영국의 화학자 뉴랜즈는 원소들을 원자량 순서로 배열하면 8번째마다 비슷한 화학적 성질을 가지는 원소가 나타난다는 것을 발견하고, 이것을 옥타브 법칙이라고 하였다.

(4) **멘델레예프의 주기율표** 오늘날 사용하는 원소들이 정리된 표를 주기율표라고 한다. 주기율은 원소들을 일정한 순서로 나열하면 비슷한 성질의 원소들이 주기적으로 반복되는 것인데, 러시아의 화학자 멘델레예프가 최초의 주기율표를 발표하였다. 멘델레예프도 뉴랜즈와 마찬가지로 원자량의 순서로 원소들을 배열하였지만, 화학적 성질이 맞지 않으면 비워 두는 방법으로 표를 만든 후 원소들을 배열하고, 빈칸에는 발견되지 않은 원소가 있을 것이라고 예언하였다. 실제로 그의 예언에 따라 많은 원소들이 발견되었다.

(5) **모즐리의 주기율표** 그 후 영국의 화학자 모즐리는 원자량이 아닌 원자 번호 순으로 원소들을 배열하여 멘델레예프의 주기율표를 수정하였고, 오늘날 우리가 사용하고 있는 주기율표의 바탕이 되었다.

# 1-3 원자

## 학습 내용 안내

(1) 물질을 이루고 있는 원소는 원자로 구성되어 있음을 설명한다.
(2) 고대 과학자들이 물질을 이루고 있는 입자에 대해 주장한 내용을 설명한다.
(3) 돌턴이 주장한 원자설의 내용과 모형을 설명한다.
(4) 원자는 원자핵과 전자로 이루어져 있음을 알고, 이것을 모형으로 나타낸다.
(5) 원소와 원자를 비교하여 설명한다.

## 학습 전개

모든 물질은 입자로 이루어져 있고, 그 입자가 원자임을 이해하게 한다.



물질을 이루고 있는 입자에 대한 과학자들의 주장을 알게 한다.



돌턴의 원자설을 모형과 함께 이해시킨다.



원자는 원자핵과 전자로 이루어져 있고, 원자의 크기는 매우 작다는 것을 알게 한다.



원자 모형을 나타내는 방법을 알게 하고, 원자 모형을 보고 해석할 수 있게 한다.



원소는 물질의 성분이며, 원자는 물질을 이루는 성분의 입자임을 이해하도록 지도한다.

**찾아보기**

- 원자, 작지만 위대한 발견들(2003), 정규성 저, 에피소드
- Newton Highlight 비주얼 화학(2011), 강금희 역, (주)뉴턴코리아

I. 물질의 구성

# 1-3 원자

**학습 목표**

- 원소는 물질을 구성하는 원자로 구성되어 있음을 설명할 수 있다.
- 원자는 원자핵과 전자로 구성되어 있음을 알고, 이를 모형을 사용하여 나타낼 수 있다.

여름철에 바닷가로 피서를 가면 모래를 쌓아서 성곽, 자동차, 탑, 모형 건물 등을 만드는 예술가들을 볼 수 있다. 이들이 만든 작품은 멀리서 보면 무엇으로 이루어졌는지 알기 어렵지만 가까이 가서 보면 모두 모래를 쌓아 만든 것임을 알 수 있다.

이처럼 우리 주변의 물질들도 작은 입자로 구성되어 있을까?

비눗방울 놀이를 할 때 비눗방울을 크게 불거나 빵이나 과자 등을 만들기 위해 밀가루 반죽을 얇게 밀다 보면 결국에는 터지거나 찢어진다. 금속 원소인 구리도 얇게 펴거나 가늘게 만들다 보면 결국에는 끊어지는데, 이것은 비눗방울, 밀가루 반죽, 구리가 모두 입자로 구성되어 있어서 입자의 크기보다 더 얇아지거나 가늘어질 수 없기 때문이다.



그림 I-18 밀가루 반죽

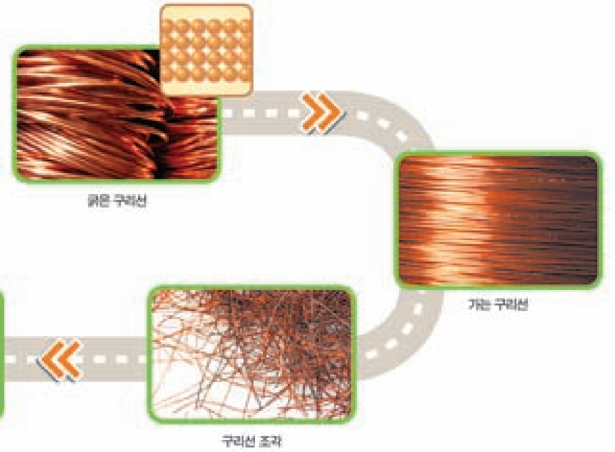



그림 I-19 구리를 이루고 있는 원자

26 I. 물질의 구성

## 효과적인 수업을 위한 Tip

원자설을 도입하는 방법으로 학생들에게 "구리를 어느 정도까지 가늘게 만들 수 있을까?"라고 질문을 던진다. 구리는 점점 가늘어지다가 결국 끊어지는데, 끊어진다는 것은 구리가 연속적이지 않기 때문이다. 구리는 입자들로 이루어져 있어 입자의 한계 이상으로 가늘어질 수 없다. 그러나 구리의 이러한 성질은 간단한 활동으로 확인하기 어려우므로, 간단한 도입 활동으로 풍선껌이나 비눗방울 놀이를 이용한다. 풍선껌이나 비눗방울이 커지면서 구성하는 입자들의 두께가 얇아지다가 한 층이 되고, 더 커지면 터지게 된다.

## 학습 자료실

**물질이 입자로 이루어져 있다는 것을 알 수 있는 현상**

(1) 입구를 묶어 놓은 고무풍선의 크기가 작아진다. 이것은 고무풍선을 이루는 입자 사이의 빈 공간으로 공기 입자가 빠져나오기 때문이다.
(2) 물 20 mL와 알코올 20 mL를 섞거나 콩 20 mL와 좁쌀 20 mL를 섞으면 전체 부피가 40 mL보다 작아진다. 이것은 큰 입자 사이의 공간으로 작은 입자가 끼어들어 가기 때문이다.
(3) 물에 황산 구리를 넣으면 물 전체가 파란색으로 변한다. 이것은 황산 구리 입자와 물 입자가 고르게 섞이기 때문이다.

고대 과학자들도 물질을 이루고 있는 입자에 대해 궁금증을 가지고 있었고, 이에 대한 여러 가지 학설이 대립하고 있었다.

물질을 이루고 있는 원소는 무한히 잘게 쪼갤 수 있고 물질이 사라질 때까지 원소의 성질은 그대로 유지된다는 아리스토텔레스의 주장은 기원전부터 중세 시대까지 약 2,000여 년을 지배하였다.

반면, 데모크리토스는 물질을 계속 쪼개어 나가면 결국은 더 이상 쪼갤 수 없는 입자가 된다고 주장하였다. 이러한 데모크리토스의 원자론은 아리스토텔레스의 주장에 밀려 인정받지 못하다가 17세기 중반 보일의 실험과 19세기 초인 1803년에 돌턴의 원자 가설로 다시 태어나게 되었다.

그림 I-20 원자에 대한 과학자들의 물질관



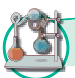





## 과학 돋보기

### ❀ 원자설의 발전

원자설은 물질의 근본에 대한 생각의 발전 과정에서 중요한 과정 중의 하나이다. 왜냐하면 물질을 이루는 성분에 대한 생각에서 입자에 대한 생각으로의 발전이기 때문이다. 최초의 원자설은 데모크리토스가 주장하였다. 데모크리토스는 아리스토텔레스 직전의 학자로서, 물질은 더 이상 쪼갤 수 없는 입자인 아토모스(Atomos)로 이루어져 있다고 주장하였다. 그러나 아리스토텔레스는 물질은 사라질 때까지 무한히 잘게 쪼개어 나갈 수 있다고 주장하였고, 아리스토텔레스의 주장은 4원소설과 함께 중세 시대까지 지배하게 되었다. 그러나 17세기에 이르러 보일이 진공 실험과 기체의 압축 실험을 통해 입자 가설을 발표하고 19세기 초 돌턴이 원자 가설을 발표함으로써 데모크리토스의 원자론은 다시 주목받게 되었다. 돌턴의 원자 가설은 처음에는 많은 학자들의 비난을 받았다. 그러나 질량 보존 법칙, 일정 성분비 법칙, 배수 비례 법칙 등을 원자 가설로 설명하고, 그 밖에도 많은 현상들을 원자 가설로 설명할 수 있게 되면서 점차 인정받는 이론이 되었다.



## 학습 자료실

### ❀ 물질의 구성에 대한 두 가지 생각-연속설과 입자설

| 구분 | 연속설 | 입자설 |
|---|---|---|
| 주장한 학자 | 아리스토텔레스 | 데모크리토스 |
| 내용 | • 물질은 무한히 계속 쪼갤 수 있고, 계속 쪼개면 결국에는 없어진다.<br>• 자연은 진공을 싫어하므로 물질 사이에는 빈 공간이 없다. | • 물질을 계속 쪼개면 더 이상 쪼갤 수 없는 입자인 원자에 도달한다.<br>• 입자 사이에는 빈 공간이 있다. |
| 모형 | → → → 없어진다. | → → → |
| 공기의 압축에 대한 설명 | 공기는 빈 공간이 없으므로 피스톤을 누르면 공기가 진해진다. | 피스톤을 누르면 공기 입자 사이의 빈 공간이 감소하고, 입자 사이의 거리가 가까워진다. |

### ❀ 돌턴(Dalton, J. ; 1766~1844)

영국의 화학자로서, 화학적 원자론의 창시자이다. 그는 맨체스터에 있는 뉴 칼리지에서 수학과 자연 철학을 강의하였고 수학과 기상학에 관심을 가졌다. 1787년에는 오로라를 관측하여 오로라의 성분 중에 철이 포함되어 있다고 생각하였고, 물을 연구해 5.83℃에서 물의 밀도가 가장 커진다고 생각하였다(나중에 3.98℃로 밝혀짐). 그리고 색맹에 대한 상세한 기술을 발표하기도 하였는데, 그 자신도 색맹이어서 이때부터 색맹을 돌터니즘이라고 부르는 사람도 많았다. 돌턴은 다른 문헌의 도움 없이 독자적으로 연구에 헌신하였으며, 1808년과 1810년에 발간한 "화학 원리의 새로운 체계"는 인류에게 많은 도움을 주었다.



## 학습 자료실

### ❀ 돌턴의 원자설과 관련된 법칙들

돌턴의 원자설은 질량 보존 법칙과 일정 성분비 법칙을 설명하기 위해 제안되었다.

(1) **질량 보존 법칙** 화학 반응 전후에 반응 물질의 질량의 총합과 생성 물질의 질량의 총합은 같다는 것을 밝힌 법칙으로서, 프랑스의 화학자인 라부아지에가 발표하였다. 돌턴의 원자설의 ③항에 의하면 원자는 화학 반응으로 없어지거나 새로 생기지 않으므로, 반응 전후 원자의 종류와 수가 같아서 물질 전체의 질량도 반응 전후에 같은 것이다.

(2) **일정 성분비 법칙** 화합물을 구성하는 성분 원소들의 질량 사이에는 일정한 비가 성립한다는 것을 밝힌 법칙으로서, 프랑스의 화학자인 프루스트가 발표하였다. 예를 들어 수소와 산소가 결합하여 물이 생성될 때 수소와 산소는 항상 1 : 8의 질량비로 결합한다. 이것은 수소와 산소가 화합하여 물이 될 때 수소 원자와 산소 원자는 항상 일정한 비율로 결합하기 때문이며, 돌턴의 원자설의 ④항으로 설명할 수 있다.

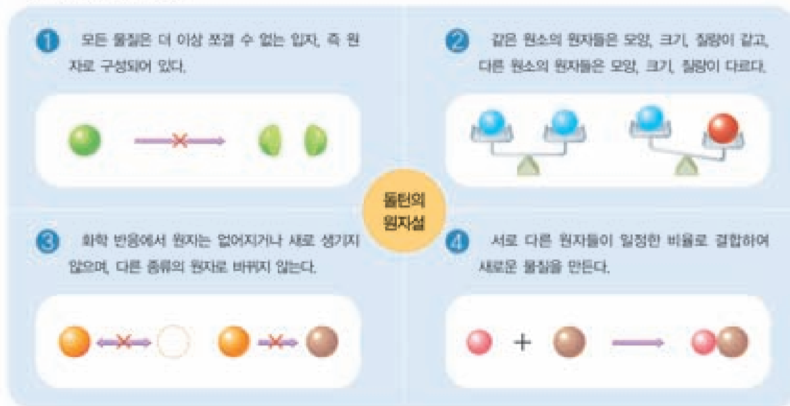
(3) **배수 비례 법칙** 두 원소가 화합하여 두 가지 이상의 화합물을 만들 때 한 원소의 일정량과 화합하는 다른 원소의 질량 사이에는 간단한 정수비가 성립한다는 법칙으로서, 1804년에 돌턴이 발표하였다. 예를 들어 질소의 산화물인 산화 이질소($N_2O$), 일산화 질소($NO$), 삼산화 이질소($N_2O_3$), 사산화 이질소($N_2O_4$)는 각각 질소 14 g과 산소 8 g, 16 g, 24 g, 32 g이 화합한다. 따라서 일정량의 질소와 화합하는 산소의 질량 사이에는 1 : 2 : 3 : 4의 정수비가 성립한다. 이것은 돌턴의 원자설을 뒷받침하는 법칙이 된다.

**잠깐 체크**

물질을 구성하는 더 이상 쪼갤 수 없는 입자이다.

돌턴이 '모든 물질은 더 이상 쪼갤 수 없는 입자인 원자로 이루어져 있다.'라는 원자 가설을 세웠던 당시에는 많은 학자들로부터 비난을 받았다. 그 당시는 실험과 관찰로 확인된 것만 인정되는 시대였으나, 당시 기술로는 원자를 확인할 수 없었기 때문이다. 그러나 많은 현상들이 돌턴의 원자 가설로 설명할 수 있게 되면서 점차 타당한 이론으로 인정받게 되었으며, 이와 함께 원자의 존재를 밝히려는 여러 과학자들의 노력으로 원자가 실제로 존재한다는 것이 증명되었다.

❸ 그림 Ⅰ-21 돌턴의 원자설

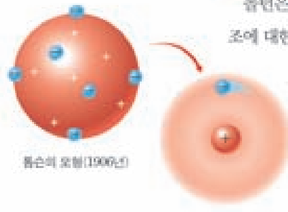



잠깐 체크 돌턴이 제안한 원자설에서 원자의 정의를 써 보자.

**원자의 구조와 모형**

돌턴은 원자설과 함께 단단한 공 모양의 원자 모형을 제시하였다. 이후 원자의 구조에 대한 관심이 커졌고, 원자의 구조를 밝히려는 실험과 주장이 이어졌다.

원자에서 전자를 발견한 톰슨은 돌턴의 원자 모형을 수정하여 (+)전하 덩어리에 (−)전하를 띤 전자가 박혀 있는 모형을 제안하였다. 전자의 발견은 원자를 구성하는 입자에 대해 관심을 갖게 하였다. 그리고 러더퍼드는 실험을 통해 원자의 중심에 (+)전하를 가진 원자핵이 있다는 사실을 발견하고, (+)전하를 띤 원자핵 주위를 (−)전하를 띤 전자가 빠르게 돌고 있는 모형을 제시하였다.




❸ 그림 Ⅰ-22 원자 모형

28 Ⅰ. 물질의 구성




## 과학 돋보기

### ❀ 원자 모형의 변천

(1) **돌턴의 모형** 돌턴은 원자를 더 이상 쪼갤 수 없는 입자라고 생각하고, 단단한 공 모양의 모형을 제안하였다.

(2) **톰슨의 모형** 톰슨은 (+)전하를 띤 입자를 발견하지 못한 상태에서 (−)전하를 띤 전자를 발견하였다. 따라서 (+)전하를 띤 덩어리 속에 (−)전하를 띤 전자가 박혀 있는 푸딩 모형을 제안하였다.

(3) **러더퍼드의 모형** 러더퍼드는 (+)전하를 띤 원자핵을 발견하였다. 따라서 (+)전하를 띤 원자핵이 중심에 있고 (−)전하를 띤 전자들이 그 주위를 돌고 있는 행성 모형을 제안하였다.

(4) **보어의 모형** 보어는 원자 내에서 전자가 특정한 궤도(에너지 준위)에 존재한다는 것을 밝혀내고, 전자가 원자핵을 중심으로 그 주위의 일정한 궤도에서 원운동하는 궤도 모형을 제안하였다.

(5) **현대의 모형** 양자 역학의 발전으로 전자의 파동성이 밝혀짐에 따라 오늘날에는 원자핵 주위에 전자가 존재할 확률을 점으로 표시하여 구름처럼 퍼져 있는 모양의 전자 구름 모형이 인정되고 있다.

원자는 (+)전하를 띠는 **원자핵**과 (−)전하를 띠는 **전자**로 구성되어 있다. 중성 원자의 경우 원자핵의 전하는 원자 번호와 같고, 전자는 원자 번호와 같은 수만큼 존재한다. 예를 들어 수소 원자는 원자핵의 전하가 +1이고, 1개의 전자를 가지고 있다. 따라서 총 전하량이 1+(−1)=0이 되므로 전기적으로 중성이다.




그림 Ⅰ-23 원자의 구조




그렇다면 원자의 크기는 어느 정도일까?

원자의 크기는 원자핵과 전자가 존재하는 공간의 크기를 의미하는데, 그 크기는 원자의 종류에 따라 다르다. 보통 원자는 지름이 약 $\frac{1}{100억}$ m로 매우 작아서 우리 눈에는 보이지 않으며, 그중 수소 원자가 가장 작다. 그리고 원자핵의 지름은 원자 지름의 $\frac{1}{10만}$~$\frac{1}{1만}$이다. 이렇게 상상하기 어려울 정도로 크기가 작은 원자는 실물에 비유하면 좀 더 쉽게 이해할 수 있다. 즉, 원자핵의 크기를 탁구공에 비유하면, 수소 원자의 크기는 축구 경기장 정도로 크다. 그리고 수소 원자의 크기를 다시 탁구공만큼 확대하면 탁구공은 지구만큼 확대된다.




그림 Ⅰ-24 수소 원자와 원자핵의 크기 비교







그림 Ⅰ-25 수소 원자의 크기를 탁구공만큼 확대했을 때의 크기 비교

## 심화 학습 물질의 기본 입자 – 쿼크

원자를 구성하는 입자인 양성자, 중성자, 전자가 발견된 후 원자 내에 존재하는 더 작은 입자가 발견되었다. 즉, 양성자와 중성자는 더 작은 입자인 쿼크로 이루어져 있음이 밝혀진 것이다. 137억 년 전 우주의 대폭발인 빅뱅이 있었고, 이때 물질의 기본 입자인 쿼크가 만들어졌다고 한다. 쿼크는 up, down, charm, strange, top, bottom 여섯 종류가 있는데, 빅뱅 이후 온도가 낮아지면서 쿼크가 모여 양성자와 중성자를 만들었다. 양성자는 업 쿼크 2개와 다운 쿼크 1개로 이루어져 +1의 전하를 띠게 되었고, 중성자는 업 쿼크 1개와 다운 쿼크 2개로 이루어져 전하를 띠지 않게 되었다. 그 후 양성자와 중성자가 결합하여 중수소 원자핵이 만들어지고, 중수소에 중성자 1개와 양성자 1개가 더 결합하여 헬륨 원자핵이 되었다. 그리고 빅뱅 후 38만 년 정도가 지나 온도가 3,000 K 정도로 낮아졌을 때 원자핵에 전자가 결합하여 중성 원자가 되었다.

| 쿼크 | up | down | charm | strange | top | bottom |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 기호 | $u$ | $d$ | $c$ | $s$ | $t$ | $b$ |
| 전하 | $+\frac{2}{3}$ | $-\frac{1}{3}$ | $+\frac{2}{3}$ | $-\frac{1}{3}$ | $+\frac{2}{3}$ | $-\frac{1}{3}$ |

## 학습 자료실

### ❀ 원자를 구성하는 입자

(1) **전자** 톰슨의 음극선 실험으로 발견되었으며, (−)전하를 띠고 있다. 질량은 양성자의 $\frac{1}{1,836}$ 정도로 매우 작기 때문에 원자의 질량에서 거의 영향을 미치지 않는다. 전자의 전하량은 $-1.6\times10^{-19}$ C이며, 질량은 $9.1\times10^{-28}$ g 이다. 전자의 발견은 여러 가지 역사적인 의미를 가진다. 단순히 원자를 쪼갰다는 의미를 넘어서 거시 세계에서의 힘과 운동 중심의 고전 물리학에서 원자 내부의 힘 및 입자 관계에 대한 현대 물리학으로 가는 길을 연 것이다.

(2) **원자핵** 러더퍼드의 알파($\alpha$) 입자 산란 실험으로 발견되었다. 즉, 알파 입자를 얇은 금박에 투과시켰더니 대부분의 알파 입자들은 금박을 그대로 통과했지만 극소수의 알파 입자는 큰 각도로 휘어졌으며, 어떤 것은 다시 튀어나왔다. 러더퍼드는 이를 통해 원자는 대부분이 빈 공간이며, 중심에 (+)전하를 띠는 입자인 원자핵이 존재한다는 것을 알아냈다. 원자핵은 양성자와 중성자로 이루어져 있는데, 양성자는 (+)전하를 띠고 있어 양성자들끼리만 모여 있을 수 없기 때문에 양성자가 1개인 수소를 제외한 모든 원자에 중성자가 포함되어 있다. 원자핵이 (+)전하를 띠는 것은 양성자의 전하 때문이다.

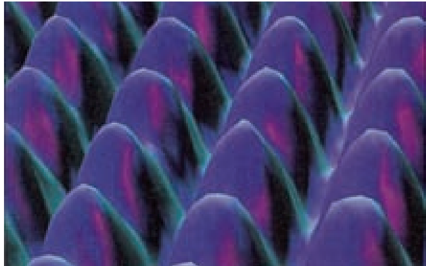
(3) **양성자** 골트슈타인의 양극선 실험으로 발견되었다. 즉, 수소 방전관에 고압을 걸어 주면 (+)극에서 (−)극으로 이동하는 입자의 흐름이 생겨 (−)극 쪽의 형광판이 빛나는 것을 발견하였는데, 이것을 양극선이라고 하고, 해당 입자들을 양성자라고 하였다.

(4) **중성자** 중성자는 전하를 띠지 않는 입자이므로 그 존재를 알아내는 것이 어려웠다. 러더퍼드의 제자인 채드윅이 알파($\alpha$) 입자를 베릴륨 박판에 충돌시켰을 때 전하를 띠지 않는 입자가 방출되는 것을 발견하고, 이 입자를 중성자라고 하였다. 이를 통해 원자는 양성자와 중성자로 된 원자핵과 전자로 이루어져 있음을 알게 되었다.

| 관련 지식 |

❀ 원자를 관찰하는 방법

원자의 크기는 매우 작아 일반 현미경으로는 관찰할 수 없다. 최신 장비인 주사 터널링 현미경(STM)을 사용하면 원자를 관찰할 수 있는데, 이때에도 원자를 전체적으로 관찰하는 것이 아니라 원자의 배열 정도만 관찰할 수 있다.

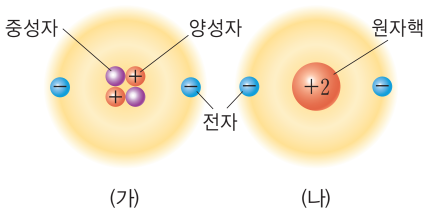


❸ 주사 터널링 현미경으로 관찰한 니켈_ 푸른색이 니켈 원자이다.

**과학 둘러보기**

❀ 원자 모형의 사용

현대의 원자 모형은 전자 구름 모형이지만 이 원자 모형으로는 원자와 화합물을 설명하기에 어려움이 있다. 따라서 다른 원자와 구별되는 그 원자의 특징만을 나타내는 모형을 사용한다. 입자를 사용하여 원자를 모형으로 나타낼 때에는 원자핵에 포함된 양성자와 중성자, 전자를 모두 나타내는 (가)와 같은 모형을 사용할 수 있다. 그러나 이 모형은 원자를 구성하는 입자를 모두 나타낼 수 있는 반면, 원자 번호가 커지면 원자핵에 양성자와 중성자를 모두 나타내기 어렵다는 단점이 있다. 따라서 원자핵의 양성자 수는 전하로 표현하고 전자들만 그림으로 나타내는 (나)와 같은 모형을 많이 사용한다.




**잠깐 체크**

(+)전하를 띤 원자핵과 (−)전하를 띤 전자가 있다.

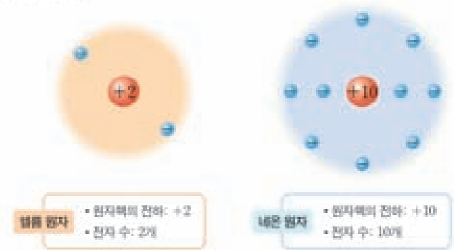


❸ 그림 Ⅰ-26 원자 모형으로 이용하는 스타이로폼 구

원자는 크기가 매우 작아 직접 볼 수 없기 때문에 원자 모형을 이용하여 나타낸다. 원자 모형은 스타이로폼 구와 같은 주변의 물체를 이용하여 나타내기도 하고, 그림으로 나타내기도 한다. 원자를 모형으로 나타낼 때에는 원자의 성질을 잘 나타내어야 다른 종류의 원자들과 구별할 수 있다.

원자의 중심에 원자핵을 나타낼 때에는 원자핵의 전하를 +1, +2 등과 같이 표시하고, 전자는 원자핵 주위에 전자 수만큼 배치하면 된다. 예를 들어 원자 번호가 2인 헬륨 원자는 중심에 원자핵의 전하 +2를 표시하고, 그 주위에 전자 2개를 배치한다.

**모형을 이용하는 경우**
너무 작아 직접 볼 수 없거나 너무 커서 조작하기 어려운 경우, 실제 실험이 어려운 경우에 모형을 이용한다.




헬륨 원자 • 원자핵의 전하: +2 • 전자 수: 2개

네온 원자 • 원자핵의 전하: +10 • 전자 수: 10개

❸ 그림 Ⅰ-27 그림으로 나타내는 원자 모형

잠깐 체크 원자를 구성하고 있는 입자 두 가지를 써 보자.

**과학 자료실** 현대에 수정되어야 하는 돌턴의 원자설

❶ 원자는 더 이상 쪼갤 수 없다.
➔ 여러 가지 실험을 통해 원자를 구성하는 입자, 즉 원자핵과 전자 그리고 원자핵을 구성하는 양성자와 중성자 등이 발견되었다.







❸ 원자의 구조

❷ 같은 원소의 원자들은 모양, 크기, 질량이 같고, 다른 원소의 원자들은 모양, 크기, 질량이 다르다.
➔ 원자 번호는 같으나 질량수가 다른 원소인 동위 원소가 발견되었다. 일반적으로 동위 원소는 화학적 성질이 같지만, 물리적 성질인 질량이 다르다.
예 수소 $^{1}H$, 중수소 $^{2}H$, 삼중수소 $^{3}H$



**학습 자료실**

❀ 돌턴의 원자설의 한계

돌턴의 원자설은 게이뤼삭의 '기체들의 반응에서 반응하는 기체와 생성되는 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립한다.'는 기체 반응 법칙을 설명하지 못하였다. 이것은 아보가드로가 주장한 '기체는 몇 개의 원자들이 모여서 이루어진 분자로 존재하며, 온도와 압력이 같을 때 모든 기체는 같은 부피 속에 같은 개수의 분자를 포함한다.'는 분자설에 의하여 해결되었다.

이와 같이 분자설 이전에는 돌턴의 원자설로는 게이뤼삭의 기체 반응 법칙도 설명할 수 없었고, 원소의 원자량도 정확하게 측정할 수 없었다.

❀ 동위 원소

양성자 수(원자 번호)는 같지만 중성자 수가 달라서 질량수가 다른 원소들을 동위 원소라고 한다. 예를 들어 수소($^{1}H$), 중수소($^{2}H$), 삼중수소($^{3}H$)는 원자 번호는 모두 1로 같지만, 중성자 수가 각각 0, 1개, 2개로 다르다.

원자를 구성하는 입자 중 전하를 띠는 입자는 양성자와 전자이다. 원자핵에서 양성자만 전하를 띠고 있기 때문에 중성 원자는 양성자와 같은 수의 전자를 가지고 있으며, 전자 수에 따라 화학적 성질을 나타낸다. 원자 내의 중성자는 전하를 띠지 않기 때문에 원자의 화학적 성질에 관여하지 않으므로, 화학적인 방법으로는 양성자 수는 같고 중성자 수가 다른 동위 원소를 구별할 수 없다.

## 원소와 원자

어머니께서 과일을 사 오라는 심부름을 시키시면서 과일의 종류와 개수를 적은 메모지를 주셨다. 메모지에 적힌 과일은 사과, 오렌지, 딸기 세 종류이고, 사야 하는 과일의 개수는 사과 5개, 오렌지 3개, 딸기 10개를 합쳐 모두 18개이다. 여기에서 18개의 과일을 원자에 비유한다면 사과나 오렌지와 같은 과일의 종류는 원소에 비유할 수 있다. 즉, **원자**는 물질을 구성하는 입자로서 개수를 셀 수 있으며, **원소**는 물질의 성질을 나타내는 구성 성분을 말한다.

그렇다면 이산화 탄소는 어떤 원소로 이루어져 있고, 몇 개의 원자가 모여 있는 것일까?

이산화 탄소는 탄소와 산소로 이루어져 있다. 즉, 이산화 탄소는 탄소와 산소 두 종류의 원소로 구성되어 있다고 할 수 있다. 그리고 이산화 탄소 분자 1개는 탄소 원자 1개와 산소 원자 2개로 이루어져 있으므로 이산화 탄소 1분자를 이루고 있는 원자의 총 개수는 3개이다.



바구니에는 사과, 오렌지, 딸기라는 세 가지 원소가 있고, 사과 원자 5개, 오렌지 원자 3개, 딸기 원자 10개가 들어 있다.

용어 **분자**
물질의 성질을 나타내는 가장 작은 입자이다.

❸ 그림 Ⅰ-28 이산화 탄소를 이루는 원소와 원자




**자기 주도 학습**

| 개념 확인하기 | 개념 응용하기 |
| --- | --- |
| 원소와 원자의 정의를 비교하여 설명해 보자. | 수소 원자의 모형을 그려 보자. |

1. 원소와 원자 31





### ❀ 원소와 원자, 분자

(1) **원소와 원자** 원소는 물질의 구성 성분이고, 원자는 물질을 구성하는 입자를 의미한다. 즉, 원소는 같은 종류의 원자 집단을 통틀어 부르는 것이고, 원자는 셀 수 있는 구체적인 대상을 나타낸다.

① **원소**: 오늘날 원소는 더 이상 분해되지 않는 물질의 기본 성분을 말한다. 예를 들어 공기는 질소와 산소, 아르곤, 이산화 탄소, 수증기 등의 혼합물이다. 여기에서 질소, 산소, 아르곤은 각각 화학적으로 다른 물질로 나누어지지 않으므로 원소이다. 그러나 이산화 탄소는 탄소와 산소로 나누어지고, 수증기는 수소와 산소로 나누어지므로 이산화 탄소와 수증기는 화합물이다. 그리고 이산화 탄소와 수증기를 구성하는 산소, 탄소, 수소는 각각 원소이다.

② **원자**: 다이아몬드와 흑연을 계속 쪼개어 나가면 다이아몬드와 흑연을 구별할 수 없는 매우 작은 입자에 도달하게 되는데, 그것이 다이아몬드와 흑연을 구성하는 입자인 원자, 즉 탄소 원자이다. 그리고 원자는 다른 원소와 구별되는 최소의 입자이기도 하다. 탄소 원자는 6개의 양성자와 6개의 중성자, 6개의 전자로 이루어져 있어서 8개의 양성자와 8개의 중성자, 8개의 전자로 이루어진 산소 원자와 질량, 크기 및 성질 등이 다르므로 서로 구별된다. 그러나 탄소 원자를 더 잘게 쪼개면 양성자와 중성자, 전자 등이 되는데, 이들은 다른 원자를 쪼갰을 때에도 얻어지는 것이므로 탄소 원자를 쪼갰을 때 얻어지는 양성자와 산소 원자를 쪼갰을 때 얻어지는 양성자는 서로 구별할 수 없다. 따라서 양성자 6개, 중성자 6개, 전자 6개로 이루어진 입자가 탄소 원자인 것이다.

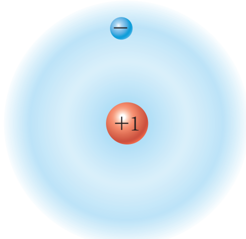
(2) **분자** 물질의 성질을 나타내는 가장 작은 입자이다. 물질 중에는 이산화 탄소처럼 분자가 명확하게 구별되는 것도 있지만 철, 금 등과 같은 금속은 분자가 따로 존재하지 않는다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

원소는 더 이상 분해되지 않는 물질의 기본 성분이고, 원자는 물질을 이루고 있는 기본 입자이다. 예를 들어 물은 수소와 산소 두 종류의 원소로 이루어져 있고, 물 1분자는 수소 원자 2개와 산소 원자 1개로 이루어져 있다. 이와 같이 원소는 같은 종류의 원자를 통틀어 부를 때 사용하고, 원자는 물질을 이루는 실체로서의 입자를 나타낼 때 사용한다.

▶ 개념 응용하기




수소는 원자 번호가 1이므로 원자핵의 전하가 +1이며, 1개의 전자를 가지고 있다. 따라서 원자핵에 +1을 표시하고, 원자핵 주위에 전자 1개를 배치한다.

# 2-1 이온의 형성과 표현

## | 학습 내용 안내 |

(1) 중성 원자에서 양이온과 음이온이 만들어지는 과정을 이해하고 설명한다.
(2) 이온이 전하를 띠고 있음을 알 수 있는 방법을 설명한다.
(3) 이온을 표현하는 방법과 이름을 부르는 방법, 주요 이온의 이온식을 설명한다.
(4) 이온이 만들어지는 과정을 모형으로 나타낸다.
(5) 이온으로 이루어진 화합물이 만들어지는 과정을 이해하고, 화학식과 이름을 읽는 방법을 설명한다.

## | 학습 전개 |

전자의 출입에 의한 이온의 생성 과정을 이해하도록 지도한다.



이온이 전하를 띠고 있기 때문에 이온으로 이루어진 화합물의 수용액에 전류가 흐른다는 것을 알게 한다.



이온의 표현 방법인 이온식을 이해시키고, 여러 가지 이온의 이온식을 익히게 한다.



원자 모형과 이온 모형을 만드는 탐구 활동을 통해 원자와 이온의 차이점을 설명할 수 있게 한다.



이온으로 이루어진 화합물의 화학식을 쓸 수 있도록 지도한다.

**찾아보기**

• Newton Highlight 이온과 원소(2011), 강금희 역, (주)뉴턴코리아



## 2-1 이온의 형성과 표현

산림은 여러 생물들로 구성된 균형 잡힌 생태계이다. 계곡의 물가나 폭포 등 물 분자가 격렬하게 운동하는 곳에서는 음이온이 발생하고, 식물의 잎이나 줄기, 뿌리에서는 향긋하면서도 살균성을 지닌 피톤치드가 생성된다. 따라서 산림에 들어가면 면역 기능이 활발해지고 스트레스가 해소되기도 하는데, 이렇게 산림이 지닌 음이온이나 피톤치드 등을 이용한 자연 치유법을 산림 테라피라고 한다.

그렇다면 이온이란 무엇이며, 또 어떻게 만들어지는 것일까?

**학습 목표**
• 이온이 만들어지는 과정을 설명할 수 있다.
• 이온이 만들어지는 과정을 모형과 함께 이온식으로 나타낼 수 있다.

### 이온의 형성과 확인

우리가 살고 있는 환경을 이루는 모든 물질은 전기적으로 중성이다. 그런데 여러 가지 변화가 일어날 때에는 원자의 구성 입자 중 하나인 전자가 원자에서 떨어져 나가거나 원자로 더 들어오기도 한다.

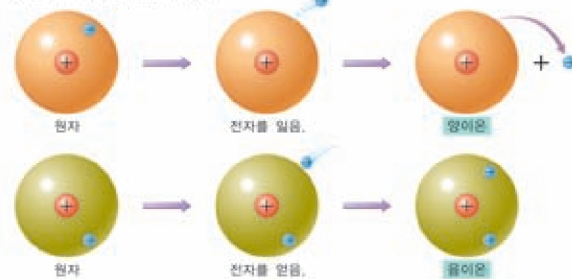
원자가 가진 여러 개의 전자 중에서 원자핵에 약한 인력으로 붙들려 있는 전자는 원자에서 비교적 쉽게 떨어져 나가 다른 물질로 이동할 수 있다. 전기적으로 중성인 원자가 전자를 잃으면 (−)전하량이 (+)전하량보다 작아져서 (+)전하를 띠게 되고, 전자를 얻으면 (−)전하량이 (+)전하량보다 커져서 (−)전하를 띠게 된다. 이와 같이 전하를 띤 입자를 **이온**이라고 하며, (+)전하를 띠고 있는 입자를 **양이온**, (−)전하를 띠고 있는 입자를 **음이온**이라고 한다.

**전하와 전하량**
• 전하: 모든 전기 현상의 근원이 되는 것으로, 양전하와 음전하가 있다.
• 전하량: 전하의 양을 뜻하며, 기본 전하량을 표시할 때는 e를 사용한다.

금속 원소는 양이온이 되기 쉽고, 비금속 원소는 음이온이 되기 쉽다.



그림 I-29 양이온과 음이온의 형성






## 과학 돋보기

### 이온의 형성

(1) **이온** 원자는 (+)전하를 띠는 양성자의 수와 (−)전하를 띠는 전자의 수가 같다. 따라서 양성자의 총 전하량과 전자의 총 전하량의 절댓값이 같아서 전기적으로 중성이다. 이온은 이러한 중성 원자가 전자를 잃거나 얻어서 전하를 띠게 된 입자이다. 중성 원자가 전자를 잃거나 얻으면 전하의 균형이 깨져서 (+)전하 또는 (−)전하를 띠게 되는데, (+)전하를 띤 입자를 양이온, (−)전하를 띤 입자를 음이온이라고 한다.

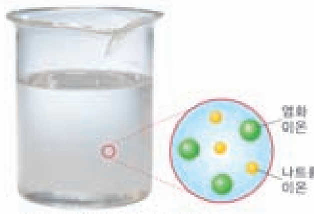
(2) **양이온과 음이온이 되기 쉬운 원자** 금속 원자는 전자를 잃어 양이온이 되기 쉽고, 비금속 원자는 전자를 얻어 음이온이 되기 쉽다. 금속 원자의 경우 원자핵으로부터 가장 멀리 떨어져 있어 원자핵의 정전기적 인력이 가장 약하게 미치는 전자부터 떨어져 나가게 된다. 이때 금속 원자의 종류에 따라 잃는 전자 수가 다르다. 주기율표의 1족에 속하는 원소인 리튬, 나트륨, 칼륨 등은 전자를 1개 잃고 전하가 +1인 양이온이 되기 쉽고, 2족에 속하는 베릴륨, 마그네슘, 칼슘 등은 전자를 2개 잃고 전하가 +2인 양이온이 되기 쉽다. 비금속 원자의 경우도 원자의 종류에 따라 얻는 전자 수가 다르다. 17족에 속하는 플루오린, 염소, 브로민, 아이오딘 등은 전자를 1개 얻고 전하가 −1인 음이온이 되기 쉽다.

이온의 존재는 소금물과 설탕물에 건전지와 꼬마전구를 연결하였을 때, 소금물에서만 불이 켜지는 것으로 확인할 수 있다.




❶ 그림 Ⅰ-30 소금물과 설탕물에서의 전류의 흐름 비교

꼬마전구에 불이 켜지는 것을 통해 전류가 흐른다는 사실을 알 수 있다. 전류는 전하를 띤 입자가 일정한 방향으로 이동하여 생기는 전기의 흐름을 말한다. 따라서 소금물에 전류가 흐르는 이유는 전하를 띤 입자들이 있기 때문이고, 설탕물에 전류가 흐르지 않는 이유는 전하를 띤 입자들이 없기 때문이다. 즉, 염화 나트륨인 소금이 물에 녹으면 (+)전하를 띠는 나트륨 이온과 (−)전하를 띠는 염화 이온으로 나누어진다. 이때 소금물에 전극을 담그고 전원을 연결하면 전기적 인력에 의해 양이온인 나트륨 이온은 (−)극으로 이동하고, 음이온인 염화 이온은 (+)극으로 이동하여 전류가 흐르면서 꼬마전구에 불이 켜지는 것이다.




❶ 그림 Ⅰ-31 소금물 속의 이온 모형

이처럼 전류가 흐르려면 전하를 띠고 있는 이온이 이동할 수 있어야 한다. 소금과 같은 고체 상태에서는 양이온과 음이온이 서로 결합하고 있어 이온이 움직일 수 없기 때문에 전류가 흐르지 않는다. 그러나 소금이 녹아 액체 상태가 되거나 소금물과 같은 수용액 상태가 되면 이온이 자유롭게 움직일 수 있기 때문에 전류가 흐를 수 있다.

그런데 소금물에 전류가 흐르는 것으로 전하를 띤 이온이 존재한다는 사실은 알 수 있으나 이온이 이동하는 모습은 눈으로 확인할 수 없다. 물질 속에 포함된 이온 중 어떤 이온이 (+)전하를 띠고, 어떤 이온이 (−)전하를 띠는지 실험을 통해 확인해 보자.

더 자세히

전해질과 비전해질
- 전해질: 소금과 같이 물에 녹아 이온이 생성되어 전류가 흐르는 물질이다.
- 비전해질: 설탕과 같이 물에 녹아도 전류가 흐르지 않는 물질이다.

잠깐 체크 원자가 전자를 얻거나 잃어서 만들어지는 것은 무엇인가?

2. 이온 35

## 심화 학습 전해질과 비전해질

(1) **전해질** 고체 상태에서는 전류가 흐르지 않지만 물에 녹아 수용액 상태가 되면 전류가 흐르는 물질이다. 전해질 수용액에 꼬마전구나 발광 다이오드(LED)가 연결된 전극을 담그면 꼬마전구나 발광 다이오드에 불이 들어오는 것으로 전류가 흐른다는 것을 알 수 있다.

전해질에는 상온에서 고체 상태인 염화 나트륨, 질산 칼륨, 염화 구리(Ⅱ) 등과 액체 상태인 아세트산, 황산 그리고 기체 상태인 염화 수소, 암모니아 등이 있다. 그리고 과일즙, 식초, 사이다, 이온 음료 등도 전류가 흐르는데, 이것은 이 물질들이 전해질을 포함하고 있기 때문이다.

(2) **비전해질** 물에 녹아 수용액 상태가 되어도 전류가 흐르지 않는 물질이다. 비전해질 수용액에 꼬마전구나 발광 다이오드(LED)가 연결된 전극을 담그면 꼬마전구나 발광 다이오드에 불이 들어오지 않는 것으로 전류가 흐르지 않는다는 것을 알 수 있다.

비전해질에는 설탕, 녹말, 포도당, 에탄올, 아세톤, 글리세린 등이 있다.




### 전류의 흐름

(1) **전류가 흐르기 위한 조건** 전류는 전하의 흐름이며, 전하는 (+)와 (−)의 전기적 성질을 말한다. 전하는 어떤 구체적 입자가 아닌 어떤 입자가 띤 성질이므로 전하가 흐르기 위해서는 전하를 띤 입자가 이동해야 한다. 따라서 전류가 흐르려면 전하를 띤 입자가 존재해야 하며, 그 입자가 자유롭게 이동해야 한다.

(2) **전류가 흐르는 것을 확인하는 방법** 전기 회로를 설치하여 꼬마전구, 발광 다이오드 등을 연결한 후 물질에 전극을 담갔을 때 꼬마전구나 발광 다이오드에 불이 켜지는 것으로 그 물질에 전류가 흐르는지 확인할 수 있다.




### 설탕물과 소금물에서의 전류의 흐름

(1) **설탕물** 설탕물에는 전하를 띤 입자가 없기 때문에 전류가 흐르지 않는다. 설탕이 물에 녹는 것은 뭉쳐 있던 설탕 분자들이 흩어져서 각각 물 분자에게 둘러싸이는 것이다. 분자는 전기적으로 중성인 입자로서 전하를 띠지 않기 때문에 설탕물에는 전하를 띠는 입자가 없다.

(2) **소금물** 염화 나트륨인 소금은 나트륨 이온과 염화 이온으로 구성된 물질이다. 고체 염화 나트륨은 나트륨 이온과 염화 이온이 강하게 결합하고 있어 이온이 움직이지 못하므로 전류가 흐르지 않는다. 그러나 염화 나트륨이 융해되어 액체 상태가 되거나 물에 녹아 수용액 상태가 되면 나트륨 이온과 염화 이온으로 나누어져서 자유롭게 이동할 수 있으므로 전류가 잘 흐른다.

**잠깐 체크**

원자가 전자를 잃거나 얻으면 이온이 된다. 원자가 전자를 잃으면 양이온이 만들어지고, 원자가 전자를 얻으면 음이온이 만들어진다.

## 탐구 활동 실험 설계 및 분석

### | 목표 |

물질 속에 포함된 이온이 전하를 띠고 있음을 확인하고, 또 어떤 종류의 전하를 띠고 있는지 설명할 수 있다.

### | 원리 설명 |

(1) 전하를 띤 입자는 전기장에서 힘을 받는다. (+)전하를 띤 입자는 (−)극 쪽으로 끌리는 힘을 받고, (−)전하를 띤 입자는 (+)극 쪽으로 끌리는 힘을 받는다.

(2) 고체 상태에서는 입자들이 자유롭게 이동하지 못하지만 액체 상태나 수용액 상태에서는 입자들이 자유롭게 이동할 수 있기 때문에 힘을 받는 방향으로 이동할 수 있다.

(3) 구리 이온은 파란색을 띠고, 과망가니즈산 이온은 보라색을 띠므로 파란색과 보라색이 이동하는 것을 통해 이온이 이동한다는 것을 눈으로 확인할 수 있다.

### | 유의점 |

1 시약을 준비할 때 실험 설계에 따라 필요한 양만을 준비하여 만든 시약이 지나치게 많지 않도록 한다.

2 전원 장치를 사용할 때에는 전기를 다루므로 감전되는 일이 없도록 주의한다.

3 모둠별로 토의를 통한 실험 설계 및 수행이 이루어지는 과정이므로 창의 · 인성이 배양되도록 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 실험을 설계하도록 하는 것이 학생들을 당황스럽게 할 수 있으므로 유리판(또는 아크릴 판) 위에 거름종이를 놓고 집게 달린 전선의 집게로 집어서 제공할 수도 있다.

2 직류 전원 장치를 사용할 수도 있고 건전지를 사용할 수도 있다.

3 실험에 사용하는 물질인 황산 구리와 과망가니즈산 칼륨, 질산 칼륨은 이온으로 이루어진 물질이라고 먼저 알려 주는 것이 좋다.



탐구 활동 이온이 전하를 띠고 있음을 확인하는 탐구의 설계

목표
물질 속에 포함된 이온이 전하를 띠고 있음을 확인하고, 또 어떤 종류의 전하를 띠고 있는지 설명할 수 있다.

준비물
질산 칼륨 수용액, 황산 구리 수용액, 과망가니즈산 칼륨 수용액, 비커, 스포이트, 10×10cm 유리판(또는 아크릴 판), 거름종이, 집게 달린 전선, 꼬마전구, 직류 전원 공급 장치

유의점
불필요하게 많은 양의 용액을 준비하여 처리가 곤란하지 않도록 한다.

탐구 도우미
직류 전원 공급 장치: 전류가 항상 일정한 방향으로 흐르도록 전력을 공급하는 장치이다.

과정

❶ 3~4명씩 모둠을 이루어 탐구 목표에 따라 준비물을 어떻게 활용할 것인지에 대해 의논한다.

| 탐구 목표 | 황산 구리 수용액과 과망가니즈산 칼륨 수용액 속에 포함된 이온이 전하를 띠고 있음을 확인하고, 또 어떤 종류의 전하를 띠고 있는지 확인해 보자. |
|---|---|



❷ 의논한 내용을 정리하여 어떻게 실험 장치를 설계할 것인지에 대해 토의한다.

❸ 실제로 실험 장치를 설계하여 모둠에서 토의한 대로 실험을 수행한다.

❹ 실험이 제대로 이루어지지 않거나 예상한 결과가 나오지 않을 때에는 ❶~❸의 과정을 다시 검토 · 수정하여 진행해 본다.

36 I. 물질의 구성

### | 결과 |

1 준비물의 특징이나 역할

| 준비물 | 특징이나 역할 |
|---|---|
| 거름종이 | 수용액을 거름종이에 떨어뜨려 이동시키면 비커의 수용액을 사용할 때보다 이온들의 이동이 느리므로 이온이 이동하는 모습을 확인하기에 좋다. |
| 질산 칼륨 수용액 | 질산 칼륨은 무색 투명한 물질이며, 이온을 포함하고 있다. 따라서 수용액을 만들면 이온이 포함되어 전류가 흐르므로 황산 구리 수용액이나 과망가니즈산 칼륨 수용액을 거름종이에 떨어뜨렸을 때 전류가 흐르게 하는 역할을 한다. |
| 황산 구리 수용액 | 황산 구리는 파란색의 물질로서, 구리 이온과 황산 이온으로 이루어져 있다. 파란색은 구리 이온에 의하여 나타난다. |
| 과망가니즈산 칼륨 수용액 | 과망가니즈산 이온에 의하여 보라색을 띠는 물질로서, 고체는 검은색으로 보이지만 묽은 수용액에서는 보라색으로 보인다. |
| 유리판(아크릴 판) | 물에 젖거나 녹지 않으므로, 거름종이를 올려놓는 지지대로 이용된다. |

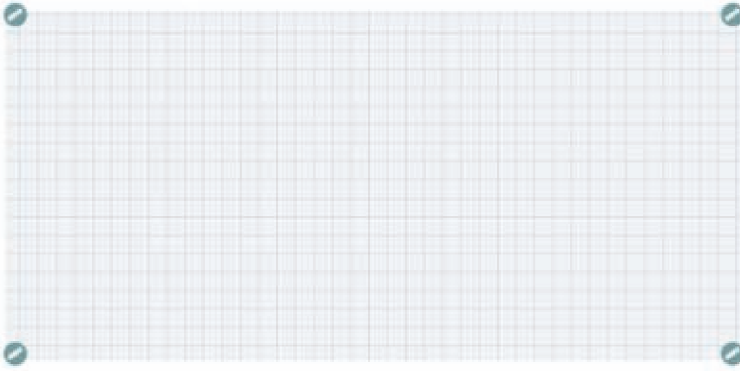
실험 설계 및 분석

결과

1 준비물의 특징이나 역할 등을 정리해 보자.

| 준비물 | 특징이나 역할 |
|---|---|
| 거름종이 | |
| 질산 칼륨 수용액 | |
| 황산 구리 수용액 | |
| 과망가니즈산 칼륨 수용액 | |

2 실험 장치의 설계도를 그리고, 실험 방법을 설명해 보자.



3 이온이 전하를 띠고 있음을 어떻게 알 수 있는지 말해 보자.

4 물질 속에 포함된 이온 중 (+)극과 (−)극으로 끌려간 이온의 종류와 전하의 종류를 적어 보자.

| 수용액 | (+)극으로 끌려간 이온과 전하의 종류 | (−)극으로 끌려간 이온과 전하의 종류 |
|---|---|---|
| 황산 구리 수용액 | | |
| 과망가니즈산 칼륨 수용액 | | |

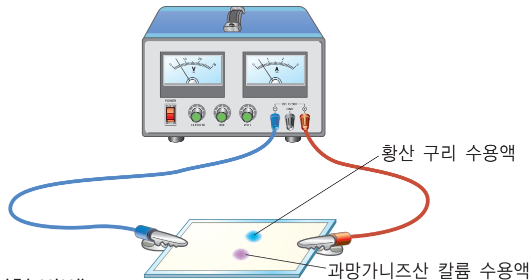
해석 창의 · 인성

실험 설계를 할 때 생겼던 문제점에 대해 모둠별로 이야기해 보자.

2. 이온 37

**2** 실험 장치의 설계도와 실험 방법

〈실험 장치의 설계도〉




〈실험 방법〉

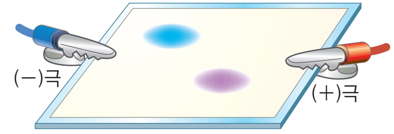
① 유리판(아크릴 판)에 거름종이를 올려놓는다.

② 거름종이가 젖도록 질산 칼륨 수용액을 거름종이에 떨어뜨린다.

③ 거름종이의 가운데에 황산 구리 수용액과 과망가니즈산 칼륨 수용액을 적당히 간격을 두고 1방울씩 떨어뜨린다.

④ 집게 달린 전선으로 거름종이를 올려놓은 유리판을 집어 전원에 연결하고, 거름종이에서 일어나는 색깔의 이동을 관찰한다.

**3** 황산 구리 수용액의 경우 파란색이 (−)극으로 이동하고, 과망가니즈산 칼륨 수용액의 경우 보라색이 (+)극으로 이동하는 것으로부터 이온이 전하를 띠고 있다는 것을 알 수 있다. 전극으로 이동하는 것은 전하를 띤 입자, 즉 이온이다.




**4** 황산 구리 수용액의 경우 황산 이온과 구리 이온으로 이루어져 있으며, 파란색이 (−)극으로 끌려간 것으로 보아 (−)극으로 끌려간 이온은 (+)전하를 띠는 양이온인 구리 이온이고, (+)극으로 끌려간 이온은 (−)전하를 띠는 음이온인 황산 이온이다. 과망가니즈산 칼륨 수용액의 경우 과망가니즈산 이온과 칼륨 이온으로 이루어져 있으며, 보라색이 (+)극으로 끌려간 것으로 보아 (+)극으로 끌려간 이온은 (−)전하를 띠는 음이온인 과망가니즈산 이온이고, (−)극으로 끌려간 이온은 (+)전하를 띠는 양이온인 칼륨 이온이다.

**해석 | 창의 · 인성**

질산 칼륨은 전해질로서, 거름종이에 떨어뜨린 황산 구리나 과망가니즈산 칼륨에 전류가 흐르도록 하는 역할을 한다. 따라서 거름종이에 질산 칼륨 수용액을 충분히 묻히지 않으면 황산 구리나 과망가니즈산 칼륨을 이루는 이온들이 전기장에 놓이지 않아 이동할 수 없으므로 색깔의 이동을 확인할 수 없다.




### 이온의 이동

질산 칼륨 수용액의 질산 이온은 (+)극으로 이동하고, 칼륨 이온은 (−)극으로 이동한다. 그리고 황산 구리 수용액의 황산 이온은 (+)극으로 이동하고, 과망가니즈산 칼륨 수용액의 칼륨 이온은 (−)극으로 이동한다. 그러나 이 이온들은 색을 띠지 않으므로 이동하는 것을 우리 눈으로 확인할 수 없다.



과학 돋보기

## ❀ 원자 1개로 이루어진 이온

원자는 원소 기호를 그대로 써서 표현하지만, 이온은 원자가 전자를 잃거나 얻어서 형성된 것이므로 전하를 표현해야 한다. 따라서 이온식을 보면 이온이 전자를 잃어서 형성되었는지 전자를 얻어서 형성되었는지 알 수 있고, 몇 개의 전자를 잃거나 얻었는지 알 수 있다.

(1) **나트륨 이온과 구리 이온** 나트륨 이온은 $Na^{+}$로 표시한다. 이때 나트륨의 원소 기호인 Na를 사용하는 것은 나트륨으로부터 형성된 이온이기 때문이며, '+' 기호는 중성인 원자가 (−)전하를 띤 전자를 잃어서 (+)전하를 띠게 되었음을 의미한다.

구리 이온은 $Cu^{2+}$로 표시한다. 구리 이온이 나트륨 이온과 다른 점은 '+' 기호 앞에 숫자가 있는 것이다. 이 숫자는 잃은 전자 수를 의미한다. 즉, 잃은 전자 수에 비례하여 (+)전하가 증가하는 것이다.

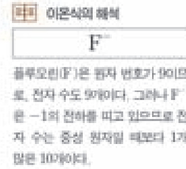
나트륨 이온은 전자를 1개 잃었으므로 +1의 전하를 띠는데, 이온을 표현할 때 전하의 크기를 의미하는 1은 쓰지 않으므로 $Na^{1+}$가 아니라 $Na^{+}$로 표시하는 것이다. 그리고 구리 이온은 구리 원자가 전자를 2개 잃어서 형성된 것이므로 +2의 전하를 띠는 것이다.

(2) **황화 이온** $S^{2-}$로 표시한다. 양이온과 마찬가지로 원소 기호를 그대로 적고, 이동한 전자 수를 나타낸다. 이때 전자를 얻었기 때문에 '−' 기호를 써서 (−)전하를 띠게 되었음을 표시한다. 즉, 황화 이온은 황 원자가 전자 2개를 얻어서 전하가 −2인 음이온이 된 것이다.

### 이온의 표현

원소를 원소 기호로 나타내듯이 이온도 원소 기호를 사용하여 나타낼 수 있다.

이온은 원소 기호와 전하의 크기 및 종류를 함께 표시하여 **이온식**으로 나타낸다. 양이온은 원소 기호의 오른쪽 위에 잃은 전자의 수를 '+' 기호와 함께 나타내고, 음이온은 원소 기호의 오른쪽 위에 얻은 전자의 수를 '−' 기호와 함께 나타낸다. 즉, 전자 2개를 잃은 마그네슘 이온은 $Mg^{2+}$로 나타내고, 전자 1개를 얻은 염화 이온은 $Cl^{-}$로 나타낸다. 이때 잃거나 얻은 전자의 개수가 1개일 때는 숫자를 쓰지 않고, '+'나 '−' 기호만 쓴다.


이온식의 해석

F⁻

플루오린(F)은 원자 번호가 9이므로, 전자 수도 9개이다. 그러나 $F^{-}$은 −1의 전하를 띠고 있으므로 전자 수는 중성 원자일 때보다 1개 많은 10개이다.




❶ 그림 Ⅰ-32 양이온과 음이온의 이온식

$Mg^{2+}$이나 $Cl^{-}$ 등과 같이 1개의 원자로 이루어진 이온이 있는가 하면, $NH_4^{+}$이나 $OH^{-}$ 등과 같이 2개 이상의 원자로 이루어진 이온도 있다.

암모늄 이온에서의 (+)전하
암모늄 이온에서 (+)전하는 질소 원자나 특정 수소 원자가 갖고 있는 것이 아니라 전체가 띠는 전하이다.

❶ 표 Ⅰ-2 여러 가지 이온의 이온식

| 양이온 | | | | 음이온 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 이온 | 이온식 | 이온 | 이온식 | 이온 | 이온식 | 이온 | 이온식 |
| 수소 이온 | $H^{+}$ | 마그네슘 이온 | $Mg^{2+}$ | 염화 이온 | $Cl^{-}$ | 산화 이온 | $O^{2-}$ |
| 나트륨 이온 | $Na^{+}$ | 칼슘 이온 | $Ca^{2+}$ | 수산화 이온 | $OH^{-}$ | 황화 이온 | $S^{2-}$ |
| 은 이온 | $Ag^{+}$ | 바륨 이온 | $Ba^{2+}$ | 질산 이온 | $NO_3^{-}$ | 탄산 이온 | $CO_3^{2-}$ |
| 암모늄 이온 | $NH_4^{+}$ | 구리 이온 | $Cu^{2+}$ | 과망가니즈산 이온 | $MnO_4^{-}$ | 황산 이온 | $SO_4^{2-}$ |

이온의 이름은 어떻게 부르는 것일까?

양이온의 이름은 원소 이름 뒤에 '이온'을 붙여서 '~ 이온'이라고 부르고, 음이온의 이름은 보통 원소 이름에서 '소'를 빼고 '화 이온'을 붙여서 '~화 이온'이라고 부른다. 원소 이름에 '소'가 없는 경우에는 그냥 '화 이온'만을 붙여서 사용한다.

| 원소 이름 | | 양이온 이름 |
|---|---|---|
| 나트륨 | ➡ | 나트륨 이온 |
| 마그네슘 | | 마그네슘 이온 |

| 원소 이름 | | 음이온 이름 |
|---|---|---|
| 산소 | ➡ | 산화 이온 |
| 황 | | 황화 이온 |

잠깐 체크 칼륨 이온을 이온식으로 쓰고, $Br^{-}$의 이온 이름을 써 보자.

38 Ⅰ. 물질의 구성

## ❀ 다원자 이온

여러 개의 원자들이 모여 하나의 원자처럼 전자를 주고받아 전하를 띠는 이온이다.

| 이온식 | 이름 | 설명 |
|---|---|---|
| $NH_4^{+}$ | 암모늄 이온 | 1개의 질소 원자와 4개의 수소 원자가 결합한 입자가 전자 1개를 잃어서 형성된 이온이다. |
| $NO_3^{-}$ | 질산 이온 | 1개의 질소 원자와 3개의 산소 원자가 결합한 입자가 전자 1개를 얻어서 형성된 이온이다. |
| $CO_3^{2-}$ | 탄산 이온 | 1개의 탄소 원자와 3개의 산소 원자가 결합한 입자가 전자 2개를 얻어서 형성된 이온이다. |
| $MnO_4^{-}$ | 과망가니즈산 이온 | 1개의 망가니즈 원자와 4개의 산소 원자가 결합한 입자가 전자 1개를 얻어서 형성된 이온이다. |
| $SO_4^{2-}$ | 황산 이온 | 1개의 황 원자와 4개의 산소 원자가 결합한 입자가 전자 2개를 얻어서 형성된 이온이다. |
| $PO_4^{3-}$ | 인산 이온 | 1개의 인 원자와 4개의 산소 원자가 결합한 입자가 전자 3개를 얻어서 형성된 이온이다. |

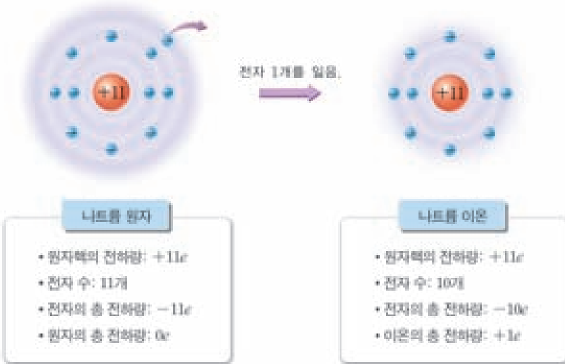
**잠깐 체크**

칼륨 이온의 이온식은 $K^{+}$이고, $Br^{-}$의 이름은 브로민화 이온이다.

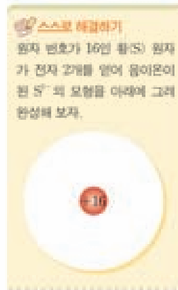
**이온의 모형**

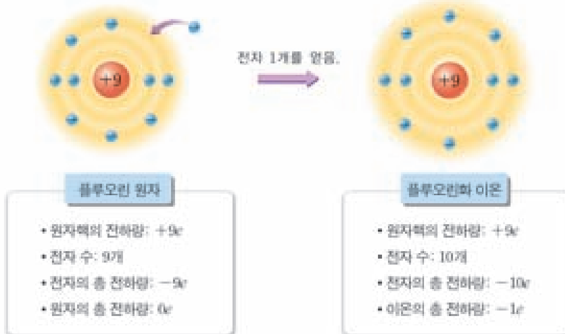
여러 가지 이온들이 만들어지는 과정을 모형으로 나타내면 이온을 좀 더 쉽게 이해할 수 있다.

나트륨은 금속 원소이며, 원자 번호가 11이다. 따라서 전자 수도 11개이며, 전자 1개를 잃어 전하가 +1인 양이온이 되기 쉽다.




한편, 플루오린은 비금속 원소이며, 원자 번호가 9이다. 따라서 전자 수도 9개이며, 전자 1개를 얻어 전하가 −1인 음이온이 되기 쉽다.






나트륨이나 플루오린과 같이 전자 1개를 잃거나 얻는 원자들이 있는가 하면, 전자를 2개 이상 잃거나 얻는 원자들이 있다. 이때의 원자 모형과 이온 모형을 만들어 보자.





**과학 돋보기**

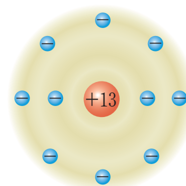
### ❀ 이온식의 해석과 이온 모형으로 알 수 있는 것

(1) **염화 이온($Cl^-$)** 원소 기호 Cl은 염소를 의미하고, 원소 기호 왼쪽 아래에 있는 17은 원자 번호이며, 이를 통해 양성자 수가 17개임을 알 수 있다. 그리고 '−' 기호는 (−)전하를 띠고 있음을 의미하는데, 숫자가 없으므로 전자 1개를 얻어 전하가 −1인 음이온임을 나타낸다. 따라서 염화 이온의 전자 수는 중성 원자일 때보다 1개 많은 18개이다.




(2) **이온 모형으로 알 수 있는 것** 이온 모형으로부터 원자핵의 전하를 알 수 있기 때문에 어떤 원자로부터 이온이 되었는지 알 수 있고, 총 전자 수로부터 이동한 전자 수와 이온의 전하를 알 수 있다.

예를 들어 오른쪽의 알루미늄 이온 모형으로부터 원자핵의 전하가 +13이므로 원자 번호가 13인 알루미늄(Al)에서 형성된 이온임을 알 수 있다. 또 전자 수가 10개인 것으로 보아 알루미늄 원자가 전자 3개를 잃어서 만들어진 양이온임을 알 수 있다. 따라서 전하가 +3이므로 알루미늄 이온의 이온식은 $Al^{3+}$이다.



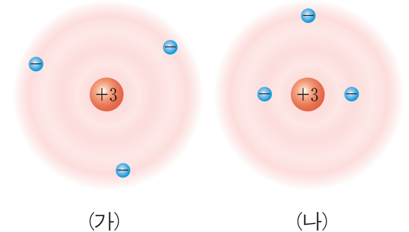

▲ 알루미늄 이온



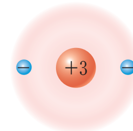
**학습 자료실**

### ❀ 원자 모형과 이온 모형

원자 모형에는 원자핵과 전자를 나타낸다. 이때 원자핵은 총 전하량을 표시하여 원자의 중심에 나타내고, 전자는 (−)전하만 표시하여 원자핵의 주위에 나타낸다. 이때 전자 수가 2개보다 많을 경우에는 전자들을 불규칙하게 나타낼 수도 있고, 동심원을 이용하여 2개 이상의 층으로 나타낼 수도 있다. 예를 들어 원자핵의 전하는 +3이고, 전자를 3개 가지고 있는 리튬 원자의 경우 전자를 그림 (가)와 같이 한꺼번에 나타낼 수도 있고, 그림 (나)와 같이 2개의 층으로 나누어 나타낼 수도 있다.

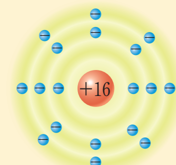



이때 (나)는 전자 궤도 모형인 보어 모형으로 나타낸 것으로서, 전자껍질에 따라 수용 가능한 전자 수를 고려하여 나타낸 것이다. (나)와 같이 나타내면 원자 내에서의 전자 배치를 보다 더 정확하게 이해할 수 있으며, 이온이 될 때 원자핵으로부터 가장 먼 곳에 있는 전자가 떨어져 나간다는 것을 이해하기가 쉽다. 아래 그림은 리튬 원자가 전자 1개를 잃어서 형성된 리튬 이온($Li^+$)의 모형이다.




**스스로 해결하기**

원자 번호가 16인 황(S) 원자가 전자 2개를 얻어 음이온이 된 $S^{2-}$의 모형을 아래에 그려 완성해 보자.



## 탐구 활동 실험

### 목표

모형을 이용하여 여러 가지 원자와 이온을 나타냄으로써 원자와 이온의 차이점을 설명할 수 있다.

### 원리 설명

1 도화지에 원을 그려 원자를 나타내고, 원자핵과 전자를 나타내는 스티커를 원 안에 붙여 원자 내부에서 각 입자의 위치를 표현한다.

2 원자가 이온이 되었을 때 원자핵의 전하와 전자의 총 전하가 서로 다르다는 것을 전자를 나타내는 스티커의 수를 다르게 하여 나타낸다.

### 유의점

1 학생들은 원소의 이름만으로는 원자핵의 전하를 알지 못하므로 원소의 원자 번호를 미리 알려 준다.

2 (+)전하를 표시할 때에는 원자핵의 전하를 표시한다.

3 원자핵을 나타내는 스티커는 원의 한가운데에 붙인다.

4 전자는 원자마다 다른 것이 아니므로 스티커에 '−'만을 표시하여 공통적으로 사용한다.

5 교과서에 제시된 방법 외에도 다양하게 활동할 수 있도록 하여 창의 · 인성이 배양되도록 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 이미 원자를 구성하는 입자에 대해 학습한 상태이므로 원자 번호와 원자핵의 전하가 같다는 것을 알고 있다. 따라서 원자 번호 대신 원자핵의 전하를 알려 주고 활동을 진행할 수도 있다.

2 별도의 활동지를 사용할 수도 있으나 교과서를 그대로 활동지처럼 사용하여 교과서에 스티커를 부착하게 할 수도 있다.

탐구 활동 | 원자 모형과 이온 모형 만들기

목 표

모형을 이용하여 여러 가지 원자와 이온을 나타내어 보고, 그 차이점을 말할 수 있다.

준 비 물

도화지, 컴퍼스, 크기가 다른 두 가지 색깔의 둥근 스티커, 검은색 매직펜과 사인펜(또는 볼펜)

유 · 의 · 점

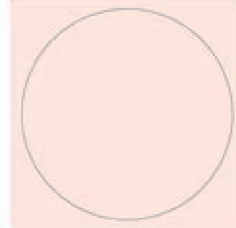
1. (+)전하를 표시할 때에는 원자핵의 전하를 표시한다. 예 +8, +12
2. 원자핵을 나타내는 스티커는 원의 한가운데에 붙인다.
3. 전자를 나타내는 스티커에는 간단히 '−'만 표시하여 전자의 개수를 조절할 수 있도록 한다.

과정

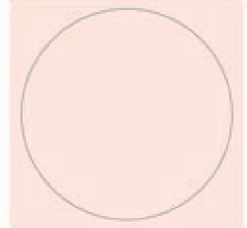
❶ 매직펜을 이용하여 크기가 큰 스티커에는 (+)전하를 표시하고, 크기가 작은 스티커에는 (−)전하를 표시한다.

❷ 도화지에 컴퍼스를 이용하여 적당한 크기의 원을 두 개 그린다. 그런 다음 원자 번호가 8인 산소 원자와 원자 번호가 12인 마그네슘 원자의 원자핵과 전자에 해당하는 스티커를 원 안에 붙여 원자 모형을 완성한다.

산소 원자

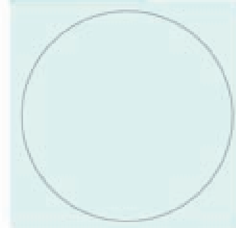


마그네슘 원자

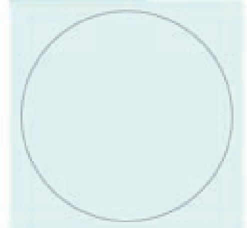


❸ 과정 ❷와 같은 크기의 원을 두 개 더 그린 다음, 전자 2개를 얻은 산화 이온과 전자 2개를 잃은 마그네슘 이온 모형을 스티커를 이용하여 완성한다.

산화 이온

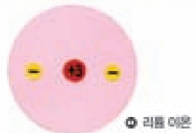


마그네슘 이온



예시

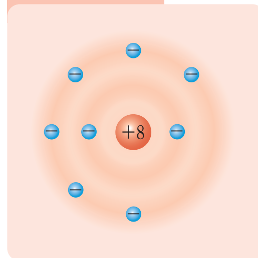



40 Ⅰ. 물질의 구성

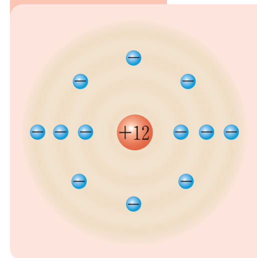
### 결과

산소 원자



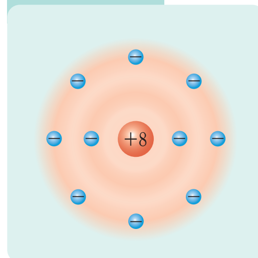

원자 번호가 8이므로 원자핵의 전하는 +8이고, 전자 수는 8개이다.

마그네슘 원자



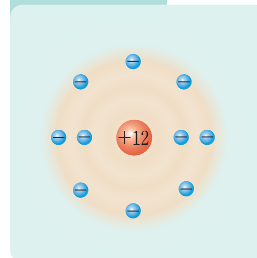

원자 번호가 12이므로 원자핵의 전하는 +12이고, 전자 수는 12개이다.

산화 이온




산소 원자가 전자 2개를 얻어서 전자 수는 10개가 되고, 전하는 2가 된다.

마그네슘 이온




마그네슘 원자가 전자 2개를 잃어서 전자 수는 10개가 되고, 전하는 +2가 된다.

실험

결과

1 (+)전하와 (−)전하를 표시한 스티커가 의미하는 입자는 각각 무엇인가?

2 산화 이온과 마그네슘 이온을 이온식으로 나타내어 보자.

해석 창의 · 인성

1 원자와 이온의 차이점을 설명해 보자.

2 전자가 많은 원자를 모형으로 나타낼 때의 불편한 점은 무엇인가? 이것을 어떻게 해결할 수 있는지 토의해 보자.





탐구의 확장 스티이로폼 구를 이용하여 원자 모형과 이온 모형 만들기

준비물 스티이로폼 구(크기가 다른 것 두 종류), 이쑤시개

과정

❶ 원자핵은 큰 스티이로폼 구를 이용하고, 전자는 작은 스티이로폼 구를 이용하여 리튬과 플루오린 원자 모형을 만든다.

❷ 리튬 원자 모형에서 전자 1개를 떼어 낸 모형과 플루오린 원자 모형에 전자 1개를 더해 준 모형을 각각 만들어 본다.



유·의·점
이쑤시개에 찔리지 않도록 주의한다.

결과

1 전자 1개를 떼어 낸 리튬과 전자 1개를 더해 준 플루오린은 각각 어떤 전하를 띠고 있는가? 또 그렇게 생각한 이유는 무엇인가?

2 리튬 이온과 플루오린화 이온은 어떻게 형성되는지 설명해 보자.

2. 이온 41

1 (+)전하를 표시한 스티커가 의미하는 입자는 원자핵이고, (−)전하를 표시한 스티커가 의미하는 입자는 전자이다. 따라서 전자 수는 (−)전하를 표시한 스티커의 개수와 같다.

2 산화 이온: $O^{2-}$, 마그네슘 이온: $Mg^{2+}$

## 해석 | 창의 · 인성

1 원자는 원자핵의 전하와 전자가 가지는 총 전하가 같아서 전기적으로 중성이다. 그러나 이온은 원자핵의 전하보다 전자의 총 전하가 크거나 작다. 원자핵의 전하보다 전자의 총 전하가 작으면 양이온이고, 원자핵의 전하보다 전자의 총 전하가 크면 음이온이다.

결과의 모형을 보면 산소 원자는 원자핵의 전하가 +8이고, 전자가 8개이므로 중성이며, 음이온인 산화 이온은 원자핵의 전하가 +8이고, 전자가 10개이므로 (−)전하량이 (+)전하량보다 크다. 그리고 마그네슘 원자는 원자핵의 전하가 +12이고, 전자가 12개이므로 중성이며, 양이온인 마그네슘 이온은 원자핵의 전하가 +12이고, 전자가 10개이므로 (+)전하량이 (−)전하량보다 크다.

2 작은 원 안에 많은 전자를 표현하기는 어렵기 때문에 원을 크게 그려야 한다.

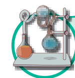
## 탐구의 확장

### 결과

1 중성 원자에서 전자를 떼어 낸 리튬은 원자핵의 전하가 전자의 총 전하보다 커서 (+)전하를 띠게 된다. 그런데 전자를 1개 떼어 냈으므로 +1의 전하를 띠게 된다.

중성 원자에서 전자를 얻은 플루오린은 전자의 총 전하가 원자핵의 전하보다 커서 (−)전하를 띠게 된다. 그런데 전자를 1개 얻었으므로 −1의 전하를 띠게 된다.

2 (+)전하를 띠는 리튬 이온은 리튬 원자가 전자 1개를 잃어서 형성되며, (−)전하를 띠는 플루오린화 이온은 플루오린 원자가 전자 1개를 얻어서 형성된다.



## 학습 자료실

### ❀ 보어 모형에 따라 원자 모형과 이온 모형을 만드는 방법

(1) **원자 모형과 이온 모형 만드는 방법** 원자핵을 중심으로 동심원이 그려지면 각 동심원에 붙이거나 그릴 수 있는 전자 수는 제한되어 있다. 즉, 원자핵에 가장 가까운 원에는 2개, 그 다음에는 8개, 그 다음에도 8개의 전자를 붙이거나 그릴 수 있고, 전자는 안쪽에서부터 차례대로 채워 넣어야 한다.

(2) **이온이 되는 규칙** 금속 원자가 양이온이 될 때 여러 개의 동심원(전자껍질) 중에서 가장 바깥쪽에 있는 동심원(전자껍질)의 전자가 원자핵으로부터의 인력이 가장 작기 때문에 이 전자를 잃고 양이온이 된다. 따라서 원자 번호 11인 나트륨의 경우 가장 바깥쪽에 있는 전자가 1개이므로 전자 1개를 잃고 전하가 +1인 양이온이 된다. 비금속 원자가 전자를 얻을 때는 가장 바깥쪽에 전자가 8개가 되도록 전자를 얻는다. 따라서 원자 번호 8인 산소의 경우 가장 바깥쪽에 전자가 6개이므로 전자 2개를 얻어 전하가 −2인 음이온이 된다.

과학 돋보기 

### ❀ 이온으로 이루어진 화합물

이온으로 이루어진 화합물은 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력으로 강하게 결합되어 있다. 이온들은 서로 뭉쳐서 고체가 되는 경우에도 전하가 유지되어 정전기적 인력이 강하기 때문에 보통 녹는점과 끓는점이 높고, 상온에서 고체 상태로 존재한다.

(1) **양이온과 음이온의 결합 개수비** 이온으로 이루어진 화합물이 만들어질 때 전자가 사라지거나 새로 생성되지 않는다. 따라서 잃은 전자 수와 얻은 전자 수가 같아야 하므로, 양이온의 총 전하와 음이온의 총 전하가 같아서 화합물이 전기적으로 중성이 되는 개수비로 양이온과 음이온이 결합한다.

(양이온의 전하×양이온의 개수)+(음이온의 전하×음이온의 개수)=0

① **염화 나트륨(NaCl)**: 나트륨 원자는 1개의 전자를 잃고 전하가 +1인 나트륨 이온($Na^{+}$)이 되고, 염소 원자는 1개의 전자를 얻어 전하가 −1인 염화 이온($Cl^{-}$)이 된다. 따라서 나트륨과 염소로 이루어진 화합물은 1개의 전자를 주고받아 염화 나트륨(NaCl)을 형성하게 된다. 즉, 나트륨 이온과 염화 이온은 1 : 1의 개수비로 결합한다.

② **염화 칼슘($CaCl_2$)**: 칼슘 원자는 2개의 전자를 잃고 전하가 +2인 칼슘 이온($Ca^{2+}$)이 되고, 염소 원자는 1개의 전자를 얻어 전하가 −1인 염화 이온($Cl^{-}$)이 된다. 따라서 칼슘 원자 1개는 염소 원자 2개와 전자를 주고받아 염화 칼슘($CaCl_2$)을 형성하게 된다. 즉, 칼슘 이온과 나트륨 이온은 1 : 2의 개수비로 결합한다.

(2) **이온 결정** 이온으로 이루어진 화합물은 양이온과 음이온이 한 쌍으로 존재하는 것이 아니라 양이온과 음이온이 규칙적으로 배열되어 결정을 이룬다. 예를 들어 염화 나트륨은 나트륨 이온과 염화 이온이 서로를 둘러싸고 3차원으로 배열되어 정육면체 모양의 결정을 이룬다.

#### 이온으로 이루어진 화합물

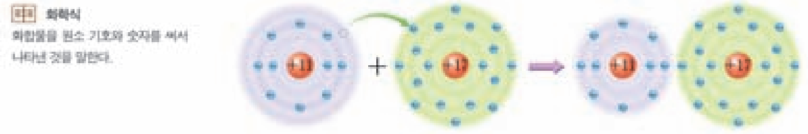
양이온은 (+)전하를 띠고, 음이온은 (−)전하를 띤다. 같은 종류의 전하끼리는 서로 밀어내고, 다른 종류의 전하끼리는 서로 끌어당기는 성질이 있다. 그러므로 양이온과 음이온이 만나면 서로 끌어당기는 힘이 작용하여 달라붙는다.

염화 나트륨(NaCl)의 경우 전하가 +1인 나트륨 이온($Na^{+}$)과 전하가 −1인 염화 이온($Cl^{-}$)이 서로 끌어당겨 화합물을 이룬다. 이 두 이온이 만나서 전체 전하가 중성이 되려면 양이온과 음이온의 개수의 비는 1 : 1이어야 한다. 따라서 염화 나트륨은 나트륨 이온과 염화 이온의 개수가 같다.

염화 나트륨이 생성되는 과정을 모형으로 나타내면 다음과 같다.

용어 **화합물의 총 전하량** 화합물에서 양이온의 전하량과 음이온의 전하량의 합은 '0'이다.

용어 **화학식** 화합물을 원소 기호와 숫자를 써서 나타낸 것을 말한다.




| 이온식과 화학식 | $Na^{+}$ | $Cl^{-}$ | NaCl |
|---|---|---|---|
| 전하의 종류 | (+)전하 | (−)전하 | 중성 |
| 이름 | 나트륨 이온 | 염화 이온 | 염화 나트륨 |

이온으로 이루어진 화합물 중에는 염화 나트륨과 같이 두 이온이 가진 전하량이 같은 경우가 있는가 하면, 두 이온이 가진 전하량이 다른 경우도 있다. 예를 들어 염화 칼슘($CaCl_2$)에서 칼슘 이온($Ca^{2+}$)은 전하가 +2인 반면, 염화 이온($Cl^{-}$)은 전하가 −1이다. 이 두 이온이 만나 화합물이 될 때에는 칼슘 이온과 염화 이온의 개수의 비가 1 : 2 이어야 전체 전하가 중성이 된다.

❶ 그림 Ⅰ-33 화학식을 나타내는 방법과 화합물의 이름을 읽는 방법

1 일반적으로 화합물의 구성 원소 중 양이온을 먼저 쓰고, 그 뒤에 음이온을 쓴다.

$Ca^{2+}$ $Cl^{-}$

2 전체 전하의 합이 0이 되도록 개수를 조절한다.

$Ca^{2+}$ 1개 $Cl^{-}$ 2개

(+2)×1개+(−1)×2개=0

3 각 이온의 전하를 지우고, 개수는 이온의 오른쪽 아래에 적는다. 이때 1은 적지 않는다.

$CaCl_2$

4 이온 화합물의 이름은 음이온의 이름인 '염화'를 먼저 읽고, 양이온의 이름인 '칼슘'을 나중에 읽는다.

염화 칼슘

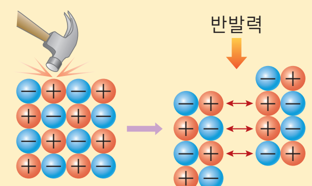
42 Ⅰ. 물질의 구성

#### 심화 학습 이온으로 이루어진 화합물의 특징

(1) **물에 대한 용해성** 이온으로 이루어진 화합물은 대부분 물에 잘 녹는다. 극성 물질인 물이 전하를 띤 이온을 잘 용해시키는 성질이 있기 때문이다. 그러나 일부 이온 결합 물질은 물에 잘 녹지 않는데, 이것은 앙금생성 반응에서 학습하게 된다.

(2) **전기 전도성** 이온으로 이루어진 화합물이 고체 상태일 때에는 양이온과 음이온이 정전기적 인력으로 강하게 결합하고 있어 움직일 수 없기 때문에 전류가 흐르지 않는다. 그러나 용해되어 액체 상태가 되거나 물에 녹아 수용액 상태가 되면 양이온과 음이온으로 떨어져 나가 이온들이 자유롭게 움직일 수 있기 때문에 전류가 잘 흐른다.

(3) **힘을 가했을 때의 변화** 고체 상태의 이온으로 이루어진 화합물에 힘을 가하면 층이 아래로 밀리면서 같은 전하를 띠는 이온들이 만나게 되는 경우가 있다. 이때 이온들은 서로 반발하여 떨어지게 되므로 화합물이 부서진다.

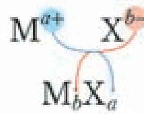



❷ 이온 화합물에 힘을 가했을 때

❸ 표 Ⅰ-3 이온으로 이루어진 여러 가지 화합물의 화학식

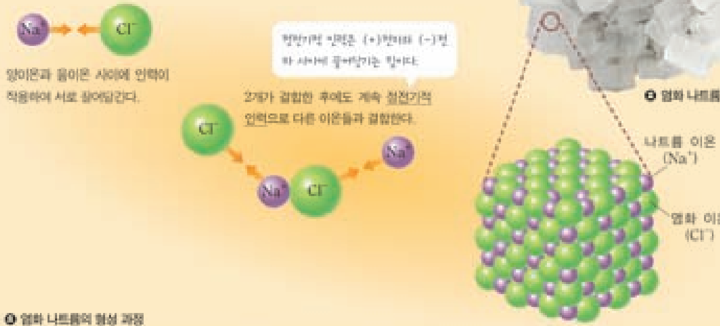
| 양이온 | 음이온 | 화합물 |
|---|---|---|
| 칼륨 이온($K^+$) | 염화 이온($Cl^-$) | 염화 칼륨(KCl) |
| 마그네슘 이온($Mg^{2+}$) | 염화 이온($Cl^-$) | 염화 마그네슘($MgCl_2$) |
| 나트륨 이온($Na^+$) | 수산화 이온($OH^-$) | 수산화 나트륨(NaOH) |
| 나트륨 이온($Na^+$) | 황산 이온($SO_4^{2-}$) | 황산 나트륨($Na_2SO_4$) |
| 칼슘 이온($Ca^{2+}$) | 탄산 이온($CO_3^{2-}$) | 탄산 칼슘($CaCO_3$) |

**이온 화합물의 화학식을 만드는 간단한 방법** 양이온과 음이온의 전하량을 서로 교차하여 얻은 가장 간단한 정수비를 아래 첨자로 적는다.




**과학 자료실** 염화 나트륨의 형성

나트륨 이온($Na^+$)과 염화 이온($Cl^-$)이 정전기적 인력으로 결합하더라도 각 이온의 전하는 사라지지 않는다. 따라서 한 개의 나트륨 이온 주위에는 여러 개의 염화 이온이 달라붙고, 한 개의 염화 이온 주위에도 여러 개의 나트륨 이온이 달라붙는다. 이러한 과정이 반복되면 눈에 보일 정도로 덩어리가 커진다.




❹ 염화 나트륨의 형성 과정

**자기 주도 학습**

**개념 확인하기**

❶ 양이온과 음이온의 정의를 써 보자.

❷ 칼슘(Ca)이 전자 2개를 잃어 양이온이 되었을 때를 이온식으로 나타내어 보자.

**개념 응용하기**

충전지에 사용되는 금속 원소인 리튬(Li)은 비금속 원소인 산소(O)와 이온 화합물을 만든다. 리튬 이온과 산화 이온의 이온식과 모형을 함께 나타내어 보자.

2. 이온 43



## ❀ 이온으로 이루어진 화합물의 화학식

이온으로 이루어진 화합물의 화학식을 나타낼 때에는 각 원자가 잃거나 얻은 전자 수에 대한 정보를 이용하기도 한다. 예를 들어 염화 칼슘의 경우 염소는 전자를 1개 얻었고, 칼슘은 전자를 2개 잃었으므로 1개의 칼슘과 2개의 염소가 화학 결합에 참여하여 화학식이 $CaCl_2$가 될 것이다. 그리고 화학식을 해석하여 정보를 얻을 수도 있다. 즉, $CaCl_2$에서 염화 이온이 칼슘 이온보다 2배 더 많으므로 칼슘 이온의 (+)전하가 염화 이온의 (−)전하의 2배라는 사실을 알 수 있다.



## ❀ 이온으로 이루어진 몇 가지 화합물의 화학식과 이름

| 이온의 결합 개수비 | 화학식 | 이름 |
|---|---|---|
| $Mg^{2+} : Cl^- = 1 : 2$ | $MgCl_2$ | 염화 마그네슘 |
| $Li^+ : O^{2-} = 2 : 1$ | $Li_2O$ | 산화 리튬 |
| $Al^{3+} : O^{2-} = 2 : 3$ | $Al_2O_3$ | 산화 알루미늄 |
| $Mg^{2+} : SO_4^{2-} = 1 : 1$ | $MgSO_4$ | 황산 마그네슘 |

### 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

❶ 양이온은 중성 원자가 전자를 잃어 (+)전하를 띠게 된 입자이고, 음이온은 중성 원자가 전자를 얻어 (−)전하를 띠게 된 입자이다.

❷ 칼슘(Ca)이 전자 2개를 잃고 형성된 이온은 칼슘 이온이며, 이온식은 $Ca^{2+}$이다.

▶ 개념 응용하기

| 구분 | 이온식 | 모형 | 이온 형성 과정 |
|---|---|---|---|
| 리튬 이온 | $Li^+$ | +3 | 리튬 원자가 전자를 1개 잃고 리튬 이온($Li^+$)이 된다. |
| 산화 이온 | $O^{2-}$ | +8 | 산소 원자가 전자를 2개 얻고 산화 이온($O^{2-}$)이 된다. |

# 2-2 앙금생성 반응

## | 학습 내용 안내 |

(1) 앙금생성 반응으로 물질에 포함된 이온의 종류를 확인한다.

(2) 두 가지 수용액을 혼합할 때 앙금이 생성되는 경우를 알고, 이때 앙금을 생성하는 이온과 앙금을 생성하지 않는 이온의 종류를 설명한다.

(3) 일상생활에서 앙금생성 반응이 이용되는 예를 찾고, 그 원리를 설명한다.

## | 학습 전개 |

보일러 관의 관석과 석회 동굴 내부에 생성된 암석들이 앙금생성 반응의 결과임을 알게 한다.



앙금생성 반응 실험을 통해 앙금생성 반응이 이온의 종류를 확인할 수 있는 방법임을 이해하도록 한다.



수용액을 혼합할 때 앙금이 생성되는 원리를 알게 한다.



앙금을 생성하는 이온과 앙금을 생성하지 않는 이온을 알게 한다.



일상생활에서 앙금생성 반응이 이용되는 예를 알게 한다.

**찾아보기**

- 생활 속의 화학(2007), 고정수 저, 자유 아카데미
- 몸속 원소 여행(2010), 요시자토 가쓰토시 저, 아카데미 서적

I. 물질의 구성

## 2-2 앙금생성 반응

석회 동굴은 이산화 탄소가 녹아 있는 지하수가 석회암 지역을 흐르면서 땅속으로 흘러들어가 암석을 녹이는 과정에서 생긴 동굴이다. 지하수가 흘러들어가 석회암을 녹이면 텅 빈 동굴이 생겨야 하지만, 동굴 안에는 특이한 형태의 지형이 생성된다. 동굴 천장에서 아래로 암석이 자라기도 하고 동굴 바닥에서 위로 자라기도 하며, 위와 아래에서 자란 암석이 서로 만나 기둥을 이루기도 한다.

이러한 지형들은 어떤 성분으로 이루어진 것일까?

**학습 목표**

- 이온 사이에서 일어나는 앙금생성 반응을 통해 이온의 종류를 구별할 수 있다.
- 앙금생성 반응을 이용하는 예를 찾을 수 있다.

**용어 앙금**
두 수용액을 섞었을 때 물에 녹지 않고 가라앉는 물질을 말한다.

지하수를 보일러 용수로 사용하면 보일러 관 안에 찌꺼기가 쌓여 관의 통로가 좁아지지만, 수돗물을 사용할 때에는 찌꺼기가 쌓이지 않는다. 수돗물과 지하수에는 어떤 차이가 있으며, 찌꺼기와 같은 앙금이 생기는 이유는 무엇일까?

수돗물에는 칼슘 이온($Ca^{2+}$)이 거의 없지만, 지하수에는 칼슘 이온이 녹아 있다. 또 지하수에는 공기 중의 이산화 탄소가 녹아 있어 탄산 이온($CO_3^{2-}$)이 생성된다. 이 탄산 이온이 칼슘 이온과 만나면 탄산 칼슘($CaCO_3$)이 생성되는데, 탄산 칼슘은 물에 잘 녹지 않기 때문에 관 속에 쌓이는 것이다.



그림 I-34 관석_ 보일러 관 안에 쌓인 찌꺼기

석회 동굴 안에 생성된 여러 가지 모양의 지형도 이와 같은 과정에 의해 생성된다. 석회암의 주성분인 탄산 칼슘이 지하수에 녹아 칼슘 이온과 탄산수소 이온으로 녹아 있다가 지열에 의해 탄산 이온이 생성되면 칼슘 이온과 탄산 이온이 만나 다시 탄산 칼슘이 생성되면서 여러 가지 모양의 지형을 만들어 내는 것이다.

이처럼 지하수에 녹아 있는 이온은 눈에 보이지 않지만, 탄산 칼슘이 생성됨으로써 칼슘 이온과 탄산 이온이 들어 있음을 알 수 있다. 그렇다면 다른 수용액에서도 앙금생성으로 이온의 종류를 알아낼 수 있을까?

44 I. 물질의 구성

**과학 돋보기**



### ❀ 보일러 관과 석회 동굴에서의 앙금생성 반응

(1) **보일러 관에서의 앙금생성 반응** 지하수와 같은 센물을 보일러 용수로 사용하면 지하수 속의 칼슘 이온이 탄산 이온과 반응하여 탄산 칼슘 앙금이 되어 보일러 관 안에 쌓인다. 이러한 관석은 물의 공급을 원활하지 못하게 하고, 보일러 관을 깨지게 하기도 한다.

(2) **석회 동굴에서의 앙금생성 반응** 석회암 지대에는 지하수가 암석을 녹여 내기 때문에 동굴이 많다. 석회 동굴의 천장에는 종유석이 자라고, 바닥에는 석순이 자란다.

① **석회 동굴의 생성:** 탄산 칼슘이 주성분인 석회암 자체는 물에 거의 녹지 않는다. 그러나 이산화 탄소가 녹아 있는 물에는 칼슘 이온($Ca^{2+}$)과 탄산수소 이온($HCO_3^-$)으로 변하여 녹으면서 빈 공간이 생겨 동굴이 된다. ➡ $CaCO_3 + H_2O + CO_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$

② **종유석과 석순의 생성:** 석회암이 녹으면 지하수에는 지표의 물보다 칼슘 이온과 탄산수소 이온이 많아진다. 그런데 지하수에 포함된 탄산수소 이온은 물이 동굴 위쪽에서 떨어질 때 탄산 이온, 물, 이산화 탄소로 분해되기도 한다. ➡ $2HCO_3^- \longrightarrow H_2O + CO_2 + CO_3^{2-}$
탄산수소 이온의 분해로 생성된 탄산 이온은 다시 물속의 칼슘 이온과 만나면 탄산 칼슘의 앙금으로 변하여 종유석과 석순을 생성한다. ➡ $Ca^{2+} + CO_3^{2-} \longrightarrow CaCO_3$

탐구 활동 앙금생성 반응 실험|동영상

목·표

앙금생성 반응을 통해 이온의 종류를 구별할 수 있다.

과정

❶ 반응판 종이를 투명 비닐 파일 안에 넣는다.
❷ 반응판 종이의 해당 칸에 가로축과 세로축의 용액을 각각 1~2방울씩 떨어뜨리고 변화를 관찰한다.

준·비·물

질산 나트륨 수용액, 탄산 나트륨 수용액, 염화 칼슘 수용액, 염화 나트륨 수용액, 질산 은 수용액, 점적병, 반응판 종이, 투명 비닐 파일(또는 투명 유리판)

유·의·점

1. 반응판 종이는 가로축과 세로축에 수용액의 이름을 쓰고, 수용액을 떨어뜨릴 흰색과 검은색의 면을 만들어 미리 인쇄하여 사용한다.
2. 수용액은 검은색과 흰색의 경계면에 떨어뜨린다.

결과

각 반응에서 앙금이 생성된 경우와 생성되지 않은 경우를 다음 표에 기록하고, 앙금이 생성된 경우에는 앙금의 색깔도 함께 정리해 보자.

| 수용액 | | 질산 나트륨 | 탄산 나트륨 | 염화 칼슘 | 염화 나트륨 |
|---|---|---|---|---|---|
| 질산 나트륨 | 앙금생성 여부 | - | | | |
| | 앙금 색깔 | - | | | |
| 탄산 나트륨 | 앙금생성 여부 | | - | | |
| | 앙금 색깔 | | - | | |
| 염화 칼슘 | 앙금생성 여부 | | | - | |
| | 앙금 색깔 | | | - | |
| 질산 은 | 앙금생성 여부 | | | | |
| | 앙금 색깔 | | | | |

해석

1 생성된 앙금은 어떤 이온에 의해 만들어진 것인지 정리해 보자.

2 앙금을 생성하지 않는 이온은 어떤 것이 있는지 알아보자.



## 탐구 활동 실험

### 목표

앙금생성 반응으로 수용액에 포함된 이온의 종류를 구별할 수 있다.

### 원리 설명

1 반응판 종이를 만든 후 투명 비닐 파일 안에 넣고, 그 위에 반응시킬 두 가지 수용액을 떨어뜨린다.

2 두 가지 수용액을 혼합하면 수용액에 포함된 이온의 종류에 따라 앙금의 생성 여부 및 생성되는 앙금의 색깔이 달라지므로 이온의 종류를 확인할 수 있다.

### 유의점

1 반응판 종이가 흰색일 때는 생성되는 앙금이 흰색인 경우 앙금의 생성 여부를 확인하기 어려우므로 반응판 종이의 모든 칸은 반으로 나누어 각각 검은색과 흰색으로 만들어 둔다.

2 반응판 종이를 만들어 미리 인쇄하여 사용하도록 한다.

3 수용액을 점적병에 준비하지 않고 비커에 준비하여 스포이트를 사용할 때에는 수용액마다 각각 다른 스포이트를 사용하도록 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

질산 나트륨 수용액, 탄산 나트륨 수용액, 염화 칼슘 수용액, 염화 나트륨 수용액, 질산 은 수용액을 사용하도록 설계되어 있으나, 다른 시약을 사용하거나 시약의 수를 적게 하여 실험해도 관계없다.

### 용어 설명

**앙금** 물에 대한 용해도가 매우 작아서 물에 거의 녹지 않는 물질로서, 침전물이라고도 한다. 앙금의 종류마다 독특한 색깔을 가지며, 가만히 놓아두면 바닥에 덩어리 상태로 가라앉는다.

### 결과

(○: 앙금생성, ×: 앙금생성 안 함.)

| 수용액 | | 질산 나트륨 | 탄산 나트륨 | 염화 칼슘 | 염화 나트륨 |
|---|---|---|---|---|---|
| 질산 나트륨 | 앙금생성 여부 | – | × | × | × |
| | 앙금 색깔 | – | | | |
| 탄산 나트륨 | 앙금생성 여부 | × | – | ○(A) | × |
| | 앙금 색깔 | | – | 흰색 | |
| 염화 칼슘 | 앙금생성 여부 | × | ○(B) | – | × |
| | 앙금 색깔 | | 흰색 | – | |
| 질산 은 | 앙금생성 여부 | × | ○(C) | ○(D) | ○(E) |
| | 앙금 색깔 | | 연노란색 | 흰색 | 흰색 |

### 해석

1 앙금 A와 앙금 B는 탄산 이온과 칼슘 이온에 의해 만들어지고, 앙금 C는 탄산 이온과 은 이온에 의해 만들어지며, 앙금 D와 앙금 E는 염화 이온과 은 이온에 의해 만들어진 것이다.

2 질산 이온, 나트륨 이온, 칼륨 이온, 암모늄 이온 등은 앙금을 생성하지 않는다.



## 과학 돋보기

### ❀ 앙금생성의 원리

(1) **앙금생성 반응**　두 가지 수용액을 섞으면 두 수용액에 포함된 각 이온들은 서로 화합물을 만들 수 있다. 그중 서로 화합하여 물에 잘 녹지 않는 물질을 만드는 경우가 있는데, 이때 앙금이 생성된다.

(2) **염화 나트륨 수용액과 질산 칼슘 수용액의 반응**　염화 나트륨(NaCl) 수용액과 질산 칼슘($Ca(NO_3)_2$) 수용액을 섞으면 다음과 같이 네 가지의 이온이 만날 수 있다.


($Na^+ - Cl^-$)　($Na^+ - NO_3^-$)


($Ca^{2+} - Cl^-$)　($Ca^{2+} - NO_3^-$)

이때 생성될 수 있는 네 가지 화합물은 염화 나트륨(NaCl), 질산 나트륨($NaNO_3$), 염화 칼슘($CaCl_2$), 질산 칼슘($Ca(NO_3)_2$)이지만, 모두 물에 잘 녹는 물질이므로 앙금이 생성되지 않는다. 즉, 나트륨 이온($Na^+$), 염화 이온($Cl^-$), 칼슘 이온($Ca^{2+}$), 질산 이온($NO_3^-$)이 수용액 속에 이온 상태로 존재한다.

(3) **염화 칼슘 수용액과 탄산 나트륨 수용액의 반응**　염화 칼슘($CaCl_2$) 수용액과 탄산 나트륨($Na_2CO_3$) 수용액을 섞으면 다음과 같이 네 가지의 이온이 만날 수 있다.


($Ca^{2+} - Cl^-$)　($Ca^{2+} - CO_3^{2-}$)


($Na^+ - Cl^-$)　($Na^+ - CO_3^{2-}$)

이 중에서 칼슘 이온($Ca^{2+}$)과 탄산 이온($CO_3^{2-}$)이 만나 형성되는 탄산 칼슘($CaCO_3$)은 물에 잘 녹지 않는 물질로, 흰색 앙금을 생성한다. 이때 나머지 이온인 나트륨 이온($Na^+$)과 염화 이온($Cl^-$)은 수용액 속에 이온 상태로 존재한다.



## 학습 자료실

### ❀ 앙금의 색

생성된 앙금은 앙금의 종류에 따라 흰색, 노란색, 검은색 등 다양하게 나타난다. 앙금이 생성되면 가라앉기 전까지는 용액 속에 퍼져 있어 불투명하게 보인다.

염화 나트륨 수용액과 질산 칼슘 수용액을 섞으면 아무런 반응이 일어나지 않는다. 염화 나트륨에 포함된 이온과 질산 칼슘에 포함된 이온들은 서로 어떠한 앙금도 만들지 않기 때문이다. 염화 나트륨(NaCl)을 물에 녹이면 나트륨 이온($Na^+$)과 염화 이온($Cl^-$)으로 나누어지고, 질산 칼슘($Ca(NO_3)_2$)을 물에 녹이면 칼슘 이온($Ca^{2+}$)과 질산 이온($NO_3^-$)으로 나누어진다. 이 두 수용액을 섞으면 네 종류의 이온이 물속에 그대로 존재한다.




⊙ 그림 Ⅰ-35 염화 나트륨 수용액과 질산 칼슘 수용액을 섞었을 때

참고 염화 칼슘 수용액과 탄산 나트륨 수용액을 섞었을 때의 앙금생성 반응
$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \longrightarrow CaCO_3$ (흰색 앙금)

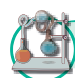
반면, 염화 칼슘 수용액과 탄산 나트륨 수용액을 섞으면 흰색 앙금이 생성된다. 염화 칼슘($CaCl_2$)을 물에 녹이면 칼슘 이온($Ca^{2+}$)과 염화 이온($Cl^-$)으로 나누어지고, 탄산 나트륨($Na_2CO_3$)을 물에 녹이면 나트륨 이온($Na^+$)과 탄산 이온($CO_3^{2-}$)으로 나누어진다. 이 두 수용액을 섞으면 칼슘 이온과 탄산 이온이 반응하여 물에 잘 녹지 않는 탄산 칼슘($CaCO_3$)이 생성된다. 이때 나트륨 이온($Na^+$)과 염화 이온($Cl^-$)은 반응하지 않고 용액 속에 그대로 남아 있다.




⊙ 그림 Ⅰ-36 염화 칼슘 수용액과 탄산 나트륨 수용액을 섞었을 때

앙금이 생성되지 않으면 수용액은 투명한 색을 띠지만, 앙금이 생성되면 흰색이나 다른 색깔을 띠면서 뿌옇게 흐려진다.

46　Ⅰ. 물질의 구성



## 학습 자료실

### ❀ 앙금생성 반응

아래 표는 몇 가지 수용액의 반응 결과를 나타낸 것이다.

| 수용액 | 염화 나트륨 (NaCl) | 질산 나트륨 ($NaNO_3$) | 염화 칼륨 (KCl) | 질산 납 ($Pb(NO_3)_2$) | 염화 바륨 ($BaCl_2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 질산 은 ($AgNO_3$) | 흰색 앙금 생성 | 앙금생성 안 함. | 흰색 앙금 생성 | 앙금생성 안 함. | 흰색 앙금 생성 |
| 아이오딘화 칼륨(KI) | 앙금생성 안 함. | 앙금생성 안 함. | 앙금생성 안 함. | 노란색 앙금 생성 | 앙금생성 안 함. |
| 황산 ($H_2SO_4$) | 앙금생성 안 함. | 앙금생성 안 함. | 앙금생성 안 함. | 흰색 앙금 생성 | 흰색 앙금 생성 |

(1) **질산 은 수용액으로 확인할 수 있는 이온**　염화 이온이 들어 있는 수용액과 흰색 앙금을 생성하므로 염화 이온을 확인할 수 있다.

(2) **아이오딘화 칼륨 수용액으로 확인할 수 있는 이온**　납 이온이 들어 있는 수용액과 노란색 앙금을 생성하므로 납 이온을 확인할 수 있다.

우리가 먹는 음료에 들어 있는 이온의 종류도 앙금생성 반응으로 확인할 수 있다. 탄산음료에 질산 은 수용액을 떨어뜨리면 연한 노란색의 앙금이 생성된다. 이것은 탄산음료에 들어 있는 탄산 이온($CO_3^{2-}$)이 질산 은의 은 이온($Ag^+$)과 반응하여 탄산 은($Ag_2CO_3$)이 생성되기 때문이다. 또 이온 음료에 질산 은 수용액을 떨어뜨리면 흰색 앙금이 생성된다. 이것은 이온 음료 속의 염화 이온($Cl^-$)과 질산 은의 은 이온($Ag^+$)이 반응하여 염화 은($AgCl$)이 생성되기 때문이다.

그림 Ⅰ-37 탄산음료에 질산 은 수용액을 떨어뜨릴 때

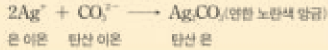





그림 Ⅰ-38 이온 음료에 질산 은 수용액을 떨어뜨릴 때






이온들 중에는 염화 나트륨의 나트륨 이온과 같이 앙금을 생성하지 않고 물에 잘 녹아 있는 이온이 있는가 하면, 염화 은의 은 이온과 같이 앙금을 잘 생성하는 이온이 있다.

표 Ⅰ-4 앙금이 생성되는 이온과 앙금이 생성되지 않는 이온

| 양이온 \ 음이온 | | 염화 이온($Cl^-$) | 황화 이온($S^{2-}$) | 탄산 이온($CO_3^{2-}$) | 황산 이온($SO_4^{2-}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 칼슘 이온($Ca^{2+}$) | 앙금생성 여부 | X | X | 탄산 칼슘($CaCO_3$) | 황산 칼슘($CaSO_4$) |
| | 앙금 색깔 | X | X | 흰색 | 흰색 |
| 아연 이온($Zn^{2+}$) | 앙금생성 여부 | X | 황화 아연($ZnS$) | 탄산 아연($ZnCO_3$) | X |
| | 앙금 색깔 | X | 흰색 | 흰색 | X |
| 은 이온($Ag^+$) | 앙금생성 여부 | 염화 은($AgCl$) | 황화 은($Ag_2S$) | 탄산 은($Ag_2CO_3$) | 황산 은($Ag_2SO_4$) |
| | 앙금 색깔 | 흰색 | 검은색 | 연노란색 | 흰색 |
| 납 이온($Pb^{2+}$) | 앙금생성 여부 | 염화 납($PbCl_2$) | 황화 납($PbS$) | 탄산 납($PbCO_3$) | 황산 납($PbSO_4$) |
| | 앙금 색깔 | 흰색 | 검은색 | 흰색 | 흰색 |

잠깐 체크 염화 납은 흰색 앙금이다. 염화 납 속에 포함된 이온은 무엇인가?





## 이런 실험도 가능해요! 음료에 들어 있는 이온 찾기

**|준비물|**

탄산음료, 이온 음료, 2 % 질산 은 수용액, 2 % 염화 칼슘 수용액, 비커, 시험관대, 시험관, 스포이트

**|과정|**

(1) 4개의 시험관 (가)~(라)를 준비하여 (가)와 (나)에는 탄산음료를, (다)와 (라)에는 이온 음료를 각각 5 mL씩 넣는다.

(2) (가)와 (다) 시험관에 질산 은 수용액을 1~2방울 떨어뜨린다.

(3) (나)와 (라) 시험관에 염화 칼슘 수용액을 1~2방울 떨어뜨린다.

**|결과|**

(1) (가)와 (다)의 시험관에 질산 은 수용액을 떨어뜨리면 (가) 시험관에는 연노란색 앙금이 생성되고, (다) 시험관에는 흰색 앙금이 생성된다.

(2) (나)와 (라)의 시험관에 염화 칼슘 수용액을 떨어뜨리면 (나) 시험관에 흰색 앙금이 생성된다.

**|해석|**

(1) 탄산음료에는 탄산 이온($CO_3^{2-}$)이 들어 있다. 따라서 질산 은의 은 이온($Ag^+$)과 탄산 은($Ag_2CO_3$)의 연노란색 앙금을 생성하고, 염화 칼슘의 칼슘 이온($Ca^{2+}$)과 탄산 칼슘($CaCO_3$)의 흰색 앙금을 생성한다.

(2) 이온 음료에는 염화 이온($Cl^-$)이 들어 있어 질산 은의 은 이온($Ag^+$)과 염화 은($AgCl$)의 흰색 앙금을 생성한다.

## 참고 자료 앙금생성 여부와 관련된 이온들의 보편적 경향성

(1) **알칼리 금속 이온($Li^+$, $Na^+$, $K^+$ 등)** 알칼리 금속 이온은 물에 잘 녹기 때문에 알칼리 금속 이온을 포함한 화합물은 모두 물에 잘 녹는다. 예 $LiCl$, $NaCl$, $KNO_3$, $Na_2SO_4$ 등

(2) **다원자 이온** 다원자 이온 중에서 질산 이온($NO_3^-$)을 포함한 화합물은 물에 잘 녹는다. 질산 이온은 물과 친화력이 크기 때문이다.

(3) **할로젠 원소의 음이온** $F^-$을 포함한 화합물은 물에 잘 녹고, $Cl^-$, $Br^-$, $I^-$을 포함한 화합물은 경우에 따라 다르다.

(4) **물에 잘 녹는 이온과 물에 잘 녹지 않는 이온으로 이루어진 화합물** 물에 잘 녹지 않는 이온보다 물에 잘 녹는 이온의 영향이 더 크다. 물에 잘 녹는 이온에는 $Na^+$, $K^+$, $NH_4^+$, $NO_3^-$ 등이 있고, 물에 잘 녹지 않는 이온에는 $Ag^+$, $Ca^{2+}$, $CO_3^{2-}$, $SO_4^{2-}$ 등이 있다. 예를 들어 $Na_2SO_4$은 물에 잘 녹는 $Na^+$이 포함되어 있어 물에 잘 녹고, $K_2CO_3$도 물에 잘 녹는 $K^+$이 포함되어 있어 물에 잘 녹는다. 그러나 $CaSO_4$은 모두 물에 잘 녹지 않는 이온으로 이루어져 있으므로 물에 잘 녹지 않는다.

**잠깐 체크**

염화 납을 이루는 이온은 염화 이온($Cl^-$)과 납 이온($Pb^{2+}$)이다.



## 과학 돋보기

### ❀ 앙금생성 반응의 이용

(1) **중금속 이온의 제거** 물속에 녹아 있는 중금속 이온을 앙금으로 만들어 제거하기 위해서는 중금속 이온과 앙금을 잘 생성하는 이온을 이용해야 한다. 대체로 위험한 중금속 이온은 납 이온($Pb^{2+}$), 수은 이온($Hg^{2+}$), 카드뮴 이온($Cd^{2+}$) 등인데, 아이오딘화 이온($I^-$), 황산 이온($SO_4^{2-}$), 황화 이온($S^{2-}$) 등은 중금속 이온 중 일부와 앙금을 잘 생성하므로 이 이온들을 포함하는 물질을 사용하면 중금속 이온을 효과적으로 제거할 수 있다.

(2) **황산 바륨** 병원에서 위나 장의 CT 촬영을 할 때 환자들에게 황산 바륨($BaSO_4$) 분말을 물에 섞어 마시게 한다. 이것은 황산 바륨이 위 속으로 흘러들어 가는 모양을 모니터를 통해 잘 볼 수 있기 때문이다. 또 황산 바륨은 X선을 통과시키지 않기 때문에 위에 머무는 동안 위의 상태를 확인할 수 있게 해 준다. 바륨 이온($Ba^{2+}$)은 독성이 있어 몸에 흡수되면 해롭지만 황산 바륨은 물에 녹지 않기 때문에 위와 장을 통해 흡수되지 않고 부작용이 거의 없다. 또 CT 촬영 후 빠른 시간 내에 몸 밖으로 배출된다. 황산 바륨을 이용하는 것은 앙금생성 반응을 이용하는 것이라기보다는 앙금 자체를 이용하는 것이다.

### ❀ 시금치와 결석

칼슘은 우리 몸에 필요한 물질이지만 앙금을 잘 만들기 때문에 문제를 일으킨다. 즉, 칼슘 이온은 옥살산 이온($C_2O_4^{2-}$)이나 인산 이온($PO_4^{3-}$)과 만나면 옥살산 칼슘($CaC_2O_4$)이나 인산 칼슘($Ca_3(PO_4)_2$) 앙금을 생성하는데, 시금치에는 옥살산 이온이 많이 들어 있다. 따라서 시금치를 날것으로 먹으면 몸속에서 칼슘 이온과 만나 옥살산 칼슘 앙금을 형성하므로 칼슘의 흡수율을 낮추고 결석을 만든다. 따라서 시금치는 데쳐서 옥살산을 분해시켜 먹는 것이 좋다.

---

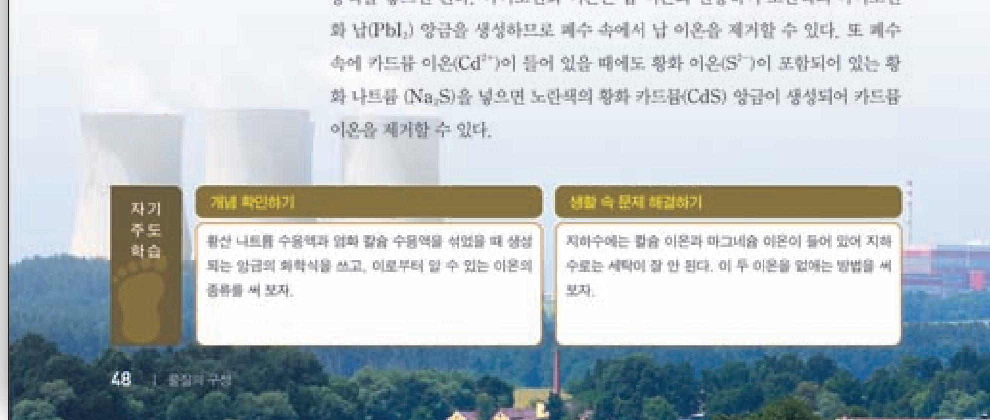
**앙금생성 반응의 이용**

산업 단지에서 흘러나오는 폐수 중 중금속 이온이 들어 있는 경우에는 하천으로 흘러들어오면 위험하다. 대부분의 중금속은 한번 배출되면 먹이 연쇄를 따라 이동하므로 동물과 식물뿐만 아니라 사람에게도 영향을 미치기 때문이다. 또한 미량이라도 몸속에 쌓이면 잘 배출되지 않고 오랜 시간에 걸쳐 부작용을 나타낸다. 이러한 중금속 이온을 제거할 수 있는 방법은 없을까?

용어 **중금속**
납, 카드뮴, 수은 등과 같이 비중이 4.0 이상인 금속이다.
비중은 4℃, 1기압에서 물의 밀도를 1이라고 했을 때, 이와 비교한 상대값이다.



그림 Ⅰ-39 광물을 캐내던 곳에서 흘러나오는 물속에 중금속 이온이 포함되어 있다.



폐수 속의 중금속 이온과 앙금을 잘 생성하는 이온을 넣어 앙금을 만들면 중금속 이온을 제거할 수 있다. 예를 들어 납 이온($Pb^{2+}$)을 제거하려면 납 이온과 앙금을 만들 수 있는 아이오딘화 이온($I^-$)이 포함되어 있는 아이오딘화 칼륨(KI) 수용액을 넣으면 된다. 아이오딘화 이온은 납 이온과 반응하여 노란색의 아이오딘화 납($PbI_2$) 앙금을 생성하므로 폐수 속에서 납 이온을 제거할 수 있다. 또 폐수 속에 카드뮴 이온($Cd^{2+}$)이 들어 있을 때에도 황화 이온($S^{2-}$)이 포함되어 있는 황화 나트륨 ($Na_2S$)을 넣으면 노란색의 황화 카드뮴(CdS) 앙금이 생성되어 카드뮴 이온을 제거할 수 있다.

**자기 주도 학습**

**개념 확인하기**
황산 나트륨 수용액과 염화 칼슘 수용액을 섞었을 때 생성되는 앙금의 화학식을 쓰고, 이로부터 알 수 있는 이온의 종류를 써 보자.

**생활 속 문제 해결하기**
지하수에는 칼슘 이온과 마그네슘 이온이 들어 있어 지하수로는 세탁이 잘 안 된다. 이 두 이온을 없애는 방법을 써 보자.

48 | 물질의 구성

---

### 자·기·주·도·학·습

**▶ 개념 확인하기**

황산 나트륨 수용액과 염화 칼슘 수용액을 섞으면 황산 이온과 칼슘 이온이 결합하여 물에 잘 녹지 않는 황산 칼슘($CaSO_4$)의 흰색 앙금이 생성된다.



$$Na_2SO_4 + CaCl_2 \longrightarrow CaSO_4(\text{흰색 앙금}) + 2NaCl$$

이를 통해 칼슘 이온($Ca^{2+}$)과 황산 이온($SO_4^{2-}$)을 확인할 수 있다.

**▶ 생활 속 문제 해결하기**

칼슘 이온($Ca^{2+}$)과 마그네슘 이온($Mg^{2+}$)은 탄산 이온($CO_3^{2-}$)이나 황산 이온($SO_4^{2-}$)과 반응하여 앙금을 생성한다. 따라서 탄산 나트륨($Na_2CO_3$) 수용액과 같이 탄산 이온을 포함하거나 황산 칼륨($K_2SO_4$) 수용액과 같이 황산 이온을 포함하는 수용액을 지하수에 넣어 주면 탄산 칼슘($CaCO_3$)이나 황산 마그네슘($MgSO_4$)의 앙금이 생성되어 칼슘 이온과 마그네슘 이온을 제거할 수 있다.



$$Ca^{2+} + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3(\text{흰색 앙금}) + 2Na^+$$



$$Mg^{2+} + K_2SO_4 \longrightarrow MgSO_4(\text{흰색 앙금}) + 2K^+$$

보충·심화

# 망가니즈 단괴

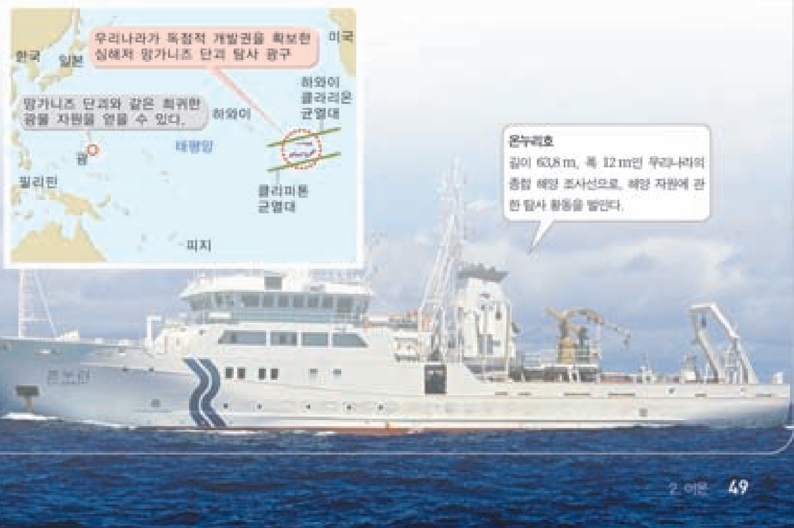
1875년 영국의 해양 조사선 챌린저호의 해양 탐사 과정에서 해저에 망가니즈 단괴가 존재한다는 것이 처음으로 알려졌다. 감자와 비슷한 크기와 모양을 지닌 이 물질은 40여 가지의 유용한 금속을 포함하고 있는 검은색의 금속 광물이다. 주요 성분이 이산화 망가니즈($MnO_2$)이므로 망가니즈 단괴라고 부르며, 이 밖에도 구리(Cu), 니켈(Ni), 코발트(Co) 등의 금속이 포함되어 있어 바다의 '검은 진주'라고 불리기도 한다.

⊙ 망가니즈 단괴

망가니즈 단괴는 조개껍데기, 산호, 암석 등을 핵으로 하여 해수에 포함된 금속 이온의 앙금생성 반응으로 만들어진다. 앙금이 될 때 나무의 나이테처럼 동심원 형태를 이루며, 천 년에 0.01~1 mm씩 성장할 만큼 매우 느리게 만들어진다. 주로 북동태평양 클라리온－클리퍼튼 해역에 많이 분포되어 있고, 우리나라는 유엔 해양법 협약에 따라 1994년 태평양의 공해상인 이 지역에 망가니즈 단괴 탐사 광구를 국제 해저 기구에 등록함으로써 세계에서 일곱 번째 망가니즈 단괴 탐사 광구를 확보한 국가가 되었다. 그리고 그 동안의 탐사 활동 결과를 토대로 2002년 마침내 7만 5천 $km^2$(남한 면적의 $\frac{3}{4}$)의 독점 개발 탐사 광구를 확보하였다.

우리나라의 독점 개발 탐사 광구 내에 있는 망가니즈 단괴 자원의 추정량은 약 5억 1천만 톤으로서, 우리나라가 연간 300만 톤 규모로 채광할 경우 100년 이상 개발할 수 있는 엄청난 양이다. 따라서 망가니즈 단괴를 해양으로 끌어올리기 위한 채광 시스템을 개발하는 등 관련 장비와 로봇 등의 심해 해양 장비 개발을 본격화하고 있다.

우리나라와 같이 자원이 빈약한 나라에서 망가니즈 단괴와 같은 심해저 광물을 개발하는 것은 자원을 확보할 수 있는 중요한 사업이 될 수 있다. (자료: 국토 해양부)




2 이온 49

보충·심화

## 망가니즈

망가니즈는 식물 생장과 고등 동물에 꼭 필요한 원소이다. 특히 고등 동물에는 미량이 포함되어 있지만 많은 효소의 작용에 참여한다. 그러나 너무 많은 양의 망가니즈가 몸속으로 들어가면 해를 입히기도 한다. 산업에서는 망가니즈의 95 % 이상이 금속 산업, 주로 철강 산업에 사용된다. 망가니즈를 포함하지 않은 강철은 잘 부러지며, 망가니즈를 포함하면 단단하고 부식에도 강하여 철도 레일 등 견고함을 필요로 하는 제품에 많이 사용된다.



⊙ 철도 레일

## 망가니즈 단괴

망가니즈 단괴는 바닷물에 용해되어 있던 금속 이온이 수심 5,000 m 안팎의 심해저에서 앙금이 된 것이다. 망가니즈 외에 구리, 니켈, 코발트 등이 포함되어 있으나, 망가니즈의 비율이 높아 망가니즈 단괴라고 불린다.



⊙ 망가니즈 단괴

우리나라에서는 1992년 온누리호의 건조를 기점으로 본격적인 연구가 시작되었다. 1994년 UN으로부터 세계에서 일곱 번째로 탐사 광구를 확보하였고, 8년 동안의 부단히 노력한 결과 2002년에는 75,000 $km^2$의 독점 개발권을 확보하였다.

참고 자료

## 바다에서 석회암이 생성되는 반응

석회암이 바다에서 생성될 때에도 앙금생성 반응이 일어난다. 석회암의 주성분은 탄산 칼슘($CaCO_3$)인데, 칼슘 이온($Ca^{2+}$)이 풍부한 바다나 호수에 탄산 이온($CO_3^{2-}$)이 공급되면 두 이온이 결합하여 탄산 칼슘 앙금이 생성되는 것이다.

바다의 칼슘 이온은 대륙판이 이동하면서 화산 활동으로 방출된 칼슘을 포함한 암석에 의해 공급되었는데, 이것은 강우 등에 의해 바다로 유입된 것이다. 또 화산 활동은 이산화 탄소를 공급하였으며, 이산화 탄소는 물에 녹아 탄산 이온을 생성한다. 이 탄산 이온은 칼슘 이온과 결합하여 탄산 칼슘의 앙금으로 퇴적되며, 이 과정에서 석회암이 형성된 것이다.

대기 중으로 방출되는 이산화 탄소 중 많은 양이 바다에 흡수되고, 바다에 흡수된 이산화 탄소는 칼슘 이온과 결합하여 탄산 칼슘 앙금을 생성한다. 그러나 현재 이산화 탄소가 방출되는 속도는 바다에 흡수되는 속도보다 빠르므로 그 양이 증가하여 지구의 온도를 상승시켜 지구 온난화를 일으키고 있다.

# 2-3 이온의 존재와 이용

## | 학습 내용 안내 |

(1) 많은 이온이 물에 녹아 있는 상태로 존재하며, 특히 바닷물에 많은 이온이 존재한다는 것을 설명한다.

(2) 사람의 몸속에도 많은 이온이 들어 있어 신호의 전달 등 여러 가지 역할을 한다는 것을 설명한다.

(3) 이온이 바다에서 앙금을 형성한 후 퇴적되어 광물로도 존재한다는 것을 설명한다.

(4) 주변에 존재하는 이온과 이온이 이용되는 예를 찾는다.

## | 학습 전개 |

약수터의 물맛이 다른 것으로부터 물에 이온이 녹아 있음을 알고, 물속에 녹아 있는 이온의 종류를 알게 한다.



우리 몸속의 혈액과 조직액 속에 이온이 포함되어 있다는 것과 우리 몸속의 이온이 하는 일에 대해 알게 한다.



이온은 바다에서 앙금이 되어 퇴적층에 존재하는가 하면, 일부 이온은 보기 좋은 색깔을 나타냄을 알게 한다.

**찾아보기**


- Newton Highlight 이온과 원소(2011), 강금희 역, (주)뉴턴코리아
- Chemical Storylines(2000), George Burton 저, Heinemann
- 미술관에 간 화학자(2011), 전창림 저, 랜덤하우스




# 2-3 이온의 존재와 이용

등산을 하다 보면 곳곳에서 약수터를 볼 수 있다. 옛날 어른들은 운동 삼아 아침 일찍 약수터에서 약수를 떠오기도 하셨지만, 요즘은 유명한 약수터를 찾아 일부러 여행을 하기도 한다. 그중 하나가 강원도 양양군에 있는 오색 약수터이다. 오색 약수는 탄산수로서, 위장병이나 빈혈 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있으며 특히 철 이온이 많이 녹아 있다. 이 밖에도 우리 주변에는 어떤 이온들이 존재할까?

**학습 목표**

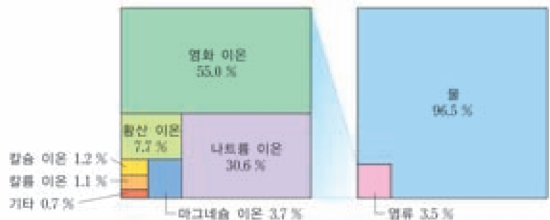
- 우리 주변에 이온이 존재함을 설명할 수 있다.
- 일상생활에서 이온이 이용되는 예를 찾을 수 있다.

### 물속의 이온

빗물은 땅속을 흐르면서 흙에 포함된 물질을 녹인다. 이때 그 물질 속에 들어 있는 다양한 이온들이 지하수에 녹아들어 가면서 약수터마다 물의 맛이 조금씩 달라진다. 예를 들어 오색 약수터의 물은 철 이온($Fe^{2+}$)이 많이 들어 있어서 약간 쓴맛이 나고, 충청 지역에 있는 초정 약수터의 물에는 탄산수소 이온($HCO_3^-$)이 많이 들어 있어서 톡 쏘는 맛이 난다.

지구 상의 물은 바닷물이 약 97.2 %, 빙하와 같은 민물이 약 2.8 %를 차지하고 있다. 바닷물에는 지구 상에 존재하는 거의 모든 종류의 원소가 이온으로 녹아 있으며, 약숫물이나 강물보다 훨씬 많은 양의 이온을 포함하고 있다. 특히 염화 이온과 나트륨 이온이 많이 녹아 있는데, 지역이나 기후, 수심 등에 따라 포함하고 있는 이온의 양이 조금씩 다르다. 그러나 이온의 종류별 비율은 오랜 시간에 걸쳐 전 세계 바다에 골고루 섞이므로 어느 곳에서나 비슷하다.

그림 Ⅰ-40 바닷물에 들어 있는 이온의 질량비(자료: Chemical storylines)








**과학 돋보기**

### ❀ 물속의 이온

(1) **바닷물 속의 이온**  바닷물 속의 이온들은 화산 활동과 암석의 침식 작용으로 만들어졌을 것으로 추정된다. 화산 활동으로 황 산화물과 염화 수소가 방출되고, 이들이 바닷물에 녹거나 비로 내리면서 육지의 광물들을 녹여 내어 바다로 흘러들어 가게 된 것이다. 나트륨 이온이 포함된 나트륨 화합물은 특히 물에 잘 녹기 때문에 상당량이 바다로 흘러들어 가면서 바닷물에는 염화 이온과 나트륨 이온이 가장 많이 존재하게 되었으며, 소금(염화 나트륨)의 성분인 염화 이온과 나트륨 이온으로 인해 바닷물은 짠맛을 낸다.

(2) **지하수 속의 이온**  지하수들이 서로 다른 맛을 내는 것도 바닷물을 생각하면 자연스럽다. 즉, 바닷물이 염화 나트륨으로 인해 짠맛을 낸다면 각각 다른 지역에서 다른 이온들을 조금씩 함유하는 지하수들이 약간씩 다른 맛을 내는 것은 자연스러운 것이다.

(3) **이온과 물의 밀도**  물에 이온이 녹게 되면 물의 밀도가 증가한다. 이것은 이온들이 주로 물 분자 사이의 빈 공간에 위치하기 때문이다. 이스라엘 사해의 경우 물의 밀도가 커서 물에 들어가면 몸이 쉽게 뜬다. 그러나 사해의 물은 염분 농도가 너무 커서 삼투압에 의해 몸의 수분이 빠져나가기 때문에 물에 오래 들어가 있을 수는 없다.

예외적으로 이스라엘의 사해는 흘러들어오는 강물이 적고 물이 빠져나가는 곳이 없다. 따라서 사해에는 녹아 있는 이온이 매우 많아 물의 밀도가 크기 때문에 사람이 뜨기도 하고, 일부에서는 이온이 더 이상 녹아 있지 못하고 소금 기둥이 생긴 곳도 있다.

**소금의 용해에 따른 밀도의 변화**
소금이 물에 용해될 때 소금을 구성하는 이온들이 물 분자들 사이에 들어가므로 소금물의 밀도는 물의 밀도보다 크다.

### 사람 몸속의 이온

사람의 혈액과 조직액에도 이온이 존재한다. 혈액과 조직액 속에 녹아 있는 주된 이온은 바닷물 속에 녹아 있는 이온과 같은 염화 이온과 나트륨 이온이며, 이 밖에도 탄산수소 이온, 칼륨 이온, 칼슘 이온 등이 녹아 있다.

우리 몸속의 이온은 생명을 유지하는 데 매우 중요한 역할을 한다. 심장이 움직이거나 자극이 전달되는 과정은 미세한 전기 신호에 의해 이루어지는데, 이 때 이온이 신호를 전달하는 데 영향을 미친다. 또한 우리 몸의 약 70 %인 물은 세포 내부, 세포와 세포 사이, 혈액과 림프액, 위를 비롯한 여러 장기의 내부 등 모든 부분에 여러 가지 이온을 포함하는 수용액으로 존재한다.



❸ 그림 I-41 온몸을 돌고 있는 혈액

칼슘 이온은 우리 몸속에 가장 많이 들어 있는 이온으로, 99 %는 물에 녹지 않는 수산화인산 칼슘의 형태로 뼈와 치아를 구성하고 있다. 따라서 평소에 칼슘을 적절히 섭취하여 칼슘이 부족하지 않도록 해야 한다.

철 이온은 우리 몸속에서 칼슘 이온, 나트륨 이온 등에 비해 훨씬 적은 양이 존재한다. 그러나 철 이온은 혈액 속의 헤모글로빈을 구성하는 성분이며, 헤모글로빈은 폐에서 각 조직으로 산소를 공급하는 역할을 하기 때문에 철 이온 또한 생명 유지에 꼭 필요한 이온이다. 혈액 속 헤모글로빈의 철 이온은 온몸을 돌면서 산소가 많은 폐에서 산소와 결합하고, 산소가 부족한 조직에서는 산소를 내놓음으로써 조직 세포에 산소를 공급한다.

**조직액**
모세 혈관에서 스며 나와 세포와 세포 사이를 채우고 있는 액체이다.


잠깐 체크 사람의 혈액이나 조직액 속에 공통적으로 많이 포함되어 있는 이온 두 가지는 무엇인가?

2. 이온 51

## 과학 돋보기



### 사람 몸속의 이온

(1) **바닷물과 체액의 조성** 최초의 원시 세포는 바다에서 탄생되었다. 원시 세포의 세포액은 바닷물을 모태로 하였기 때문에 바닷물의 이온과 비슷한 조성을 하고 있었다. 그리고 여기에서 진핵 세포, 해양 생물, 육상 생물 등으로 진화하였기 때문에 세포액과 체액, 혈액 등은 아직도 바닷물과 비슷한 이온을 포함하고 있다.

(2) **이온의 역할** 사람의 몸속에서 이온이 하는 가장 중요한 일은 자극과 신호의 전달이다. 신경세포의 안쪽과 바깥쪽에 각각 음이온과 양이온이 집중되어 있으면 전하의 분리가 일어난 상태로 자극에 의하여 특정 이온이 이동하면서 전위차에 변화가 생기고, 연쇄적으로 이온이 이동하면서 자극이 뇌까지 전달되는 것이다. 심장 박동도 전기 신호에 의한 것이므로 심전도 검사가 심장의 기능을 확인하는 매우 중요한 방법이며, 심장 마비 시 전기 충격을 주는 것도 우리 몸이 이온에 의한 전기 신호 전달 체계를 가지고 있기 때문이다.

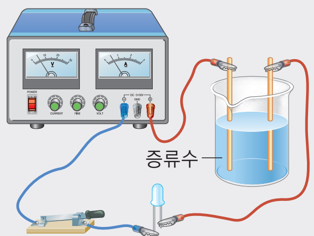
(3) **몇 가지 이온의 역할** 사람 몸속에 있는 이온들은 일반적으로 전기 신호와 관계있지만 특정한 조직을 구성하여 특정한 역할을 하는 이온들도 있다. 칼슘 이온, 철 이온 외에도 마그네슘 이온, 아연 이온 등이 이에 해당한다. 마그네슘 이온은 스트레스 등으로 인해 갑자기 혈압이 변화하여 동맥의 내벽이 충격을 받는 것을 방지해 준다. 마그네슘이 부족하면 눈꺼풀 떨림, 집중력 장애, 우울증, 근육 경련, 심근경색, 관절염 등의 여러 가지 질병이 발생할 수 있다. 아연 이온은 면역력을 증가시키며, 생물 효소의 구조와 활성에 중요한 역할을 한다. 따라서 아연이 부족하면 발육이 잘 안 될 수 있고, 면역 기능이 손상되기도 한다.

## 이런 실험도 가능해요! 사람 몸속에 이온이 있음을 확인해 보기

**|과정|**

(1) 그림과 같이 장치하고 발광 다이오드에 불이 켜지는지 확인한다.

(2) 비커의 증류수에 손을 넣고 발광 다이오드에 불이 켜지는지 확인한다.




**|결과 및 해석|**

(1) 증류수에는 이온이 들어 있지 않으므로 전류가 흐르지 않아 발광 다이오드에 불이 켜지지 않는다.

(2) 증류수에 손을 넣으면 손에 묻어 있던 땀의 성분인 염화 나트륨 등이 증류수에 녹아 이온으로 나누어지기 때문에 전류가 흘러 발광 다이오드에 불이 켜진다. 따라서 젖은 손으로 전기 기구를 만지면 감전이 될 수 있으므로 주의해야 한다.

**잠깐 체크**

염화 이온과 나트륨 이온이다. 이 중 염화 이온이 더 많이 포함되어 있다.

### 광물 속의 이온

금이나 은은 원소 상태로 매장되어 있지만 철, 구리, 납, 아연, 알루미늄 등과 같은 금속은 황화 이온, 산화 이온, 탄산 이온 등과 물에 잘 녹지 않는 앙금을 형성하여 땅속에 광물로 매장되어 있다. 이 금속 이온 중 대부분은 바다에서 음이온과 만나 앙금을 이루면서 퇴적된다. 오랜 세월 동안 퇴적되어 굳어진 것 중 일부는 지각 변동으로 육지에서 쉽게 발견되지만 아직 바다에 가라앉아 있는 것도 있다.

금속 이온들 중에는 찬란한 색깔을 나타내는 것들이 있다. 같은 옷이라도 어떤 색깔로 만들어져 있는지에 따라 다른 느낌을 주는 것처럼 비슷한 광물이라도 포함된 금속 이온의 종류에 따라 아름다운 색깔을 띠게 되면 평범한 돌에서 보석으로 변신하게 된다.

예를 들어 알루미늄 이온과 산화 이온으로 이루어진 산화 알루미늄은 평범한 무색 투명한 결정이다. 그런데 약간의 크로뮴 이온을 포함하면 붉은색의 루비가 되고, 약간의 철 이온과 타이타늄 이온을 포함하면 파란색의 사파이어가 된다.

이산화 규소로 이루어진 수정 역시 맑고 투명한 결정이지만, 약간의 철 이온을 포함하면 보라색을 나타내는 자수정이 된다.


그림 Ⅰ-42 루비


그림 Ⅰ-43 사파이어


그림 Ⅰ-44 자수정

| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 창의력 키우기 |
|---|---|---|---|
| | 바닷물 속에 가장 많이 들어 있는 이온은 무엇인가? | 우리 일상생활 속에 존재하거나 이용되는 이온을 찾아보자. | 사람이 감전되는 것은 체액의 어떤 성분과 연관이 있는지 설명해 보자. |

52 Ⅰ. 물질의 구성

## 과학돋보기



### ❀ 광물 속의 이온

금이나 은과 같이 반응성이 작아서 다른 원소와 화합물을 잘 생성하지 않는 금속도 있으나 대부분의 금속들은 양이온이 된 후 다른 비금속의 음이온과 결합하여 이온 화합물의 상태로 존재한다. 즉, 철, 구리, 납, 아연, 알루미늄 등의 이온은 물속에서 여러 가지 비금속 이온과 결합하여 앙금을 형성한 후 지각 변동에 의해 육지의 광산에서 발견되는 것이다.

철의 경우 바다에서 광합성을 하는 세균이 생성되면서 산소의 방출이 많아지고, 방출된 산소로부터 생긴 산화 이온과 결합하여 산화철이 된다. 이때 바닷물에서 철 이온이 대부분 사라지게 되었고, 지각 변동에 의해 철 광산이 형성된 것이다. 지금도 생성 속도는 느리지만 망가니즈와 같은 금속 이온이 심해저에서 앙금이 되고 있으며, 오랜 세월에 걸쳐 형성된 금속 이온의 앙금 덩어리는 새로운 자원으로 개발되고 있다.

## 자·기·주·도·학·습

**▶ 개념 확인하기**

염화 이온이 가장 많이 들어 있고, 그 다음은 나트륨 이온이 많이 들어 있다.

**▶ 생활 속 문제 해결하기**

예시_ • 천일염 속에는 나트륨 이온, 마그네슘 이온, 칼슘 이온, 칼륨 이온 등이 들어 있다.
- 치약에는 나트륨 이온과 플루오린화 이온 등이 들어 있다.
- 이온 음료에는 나트륨 이온, 칼륨 이온, 염화 이온 등이 들어 있다.

**▶ 창의력 키우기**

땀을 비롯한 체액은 염화 이온, 나트륨 이온, 칼륨 이온 등이 녹아 있는 용액이므로 전류가 흐르면 감전 사고가 발생한다.

## 참고 자료 색깔을 나타내는 금속 이온의 이용

색깔을 나타내는 금속 이온은 앙금 상태로 물감에도 사용된다. 고흐의 그림을 복원할 때 과학자들은 그림에 사용된 물감의 성분을 분석하였는데, 주성분이 $PbCrO_4$인 안료였다. 수채화나 유화의 경우는 모두 색깔을 내는 물질(물감)로 앙금을 사용하고 있다.

| 앙금 | 색깔 | 앙금 | 색깔 |
|---|---|---|---|
| $CaCO_3$ | 흰색 | $CoSiO_3$ | 보라색 |
| $K_3Fe(CN)_6$ | 파란색 | $CoCO_3$ | 보라색 |
| $Co_2Fe(CN)_6$ | 초록색 | $PbCrO_4$ | 노란색 |

그런데 앙금은 뜻밖의 결과를 나타내기도 한다. 렘브란트의 '프란스 바닝 코크 대장의 부대(부제: 야경)' 에서는 흰색이나 노란색 계통의 안료로 납(Pb) 성분을 포함한 물질을 사용하였고, 붉은색의 안료로 황화 수은(HgS)을 사용하였다. 그런데 납 이온과 황화 이온이 만나면 황화 납(PbS)의 검은색 앙금을 형성하여 그림이 어두워진 것이다. 그 덕분에 렘브란트의 그림은 낮의 모습을 그렸으나 나중에 야경이라는 부제가 붙게 된 것이다.

보충·심화

## 위험한 이온

금속 이온 중에는 납 이온, 수은 이온, 카드뮴 이온 등과 같이 우리의 건강이나 목숨을 위협하는 것들도 있다. 이러한 이온이 몸속에 들어가면 단백질과 결합하여 단백질의 정상적인 작용을 방해하는데, 특히 물에 잘 녹지 않는 앙금을 만들어 배출되지 않고 뼈나 근육에 축적됨으로써 큰 질병을 일으킨다.

납은 도자기의 유약, 자동차의 배터리, 땜납, 농약, 페인트 등에 사용되는데, 조금씩 물에 녹아서 납 이온으로 식수 등을 통해 우리 몸속으로 들어올 수 있다. 납 이온은 적혈구의 생성을 방해하고 콩팥, 간, 뇌 등에 장애를 일으킨다. 고대 로마에서는 수도관을 납으로 만들었고 술잔과 조리 기구 등도 납으로 만들어 사용했는데, 이에 따른 납 중독이 로마의 멸망과 관련이 있다는 견해도 있다.

수은은 상온에서 액체로 존재하는 유일한 금속이다. 체온계, 혈압계, 수은등, 형광등 등에 이용되며, 다른 금속과 아말감이라는 합금을 형성하여 치과에서 충치를 치료할 때의 재료로도 사용된다. 수은 이온이 몸속으로 흡수되면 뇌혈관을 타고 뇌로 들어가 중추 신경을 마비시켜 손발의 마비, 언어 장애, 시각 장애 등을 일으킨다. 1956년에 일본의 미나마타 현에서 집단 수은 중독으로 수많은 사람이 사망한 사건이 발생하면서 수은 중독증을 미나마타병이라고도 한다.

카드뮴은 가공이 쉽고 광택이 좋아 도금이나 합금, 플라스틱이나 고무 등에 색깔을 내는 안료나 전지 등에 사용된다. 우리 몸속에 들어온 카드뮴 이온은 주로 간과 콩팥에 축적된다. 특히 콩팥에 축적된 카드뮴 이온은 칼슘 이온의 배출을 촉진시켜 뼈로부터 칼슘 이온이 빠져나오게 한다. 따라서 카드뮴 이온에 중독되면 뼈가 약해져 쉽게 부러지고 온몸에 통증을 느끼게 된다. '이타이'는 '아프다'라는 뜻의 일본어인데, 카드뮴 중독증은 통증이 매우 심해 이타이이타이병이라고도 불린다.


❶ 납


❷ 수은


❸ 카드뮴 도금

2. 이온 53



### ❀ 위험한 이온

중금속 이온들은 대부분 독특한 색깔을 나타낸다. 이러한 성질을 이용하여 고대부터 화가들은 그림을 그리는 데 중금속 이온을 포함하는 앙금을 안료로 사용하였다. 고대 이집트 시대에는 화장할 때 천연 식물 재료를 사용하기도 하였지만, 아름다운 색깔을 내는 중금속 이온이 포함된 물질을 사용하는 경우도 있었다. 눈이 커 보이도록 하기 위해 발랐던 화장먹(콜(kohl))은 방연석이나 황화 안티모니를 검댕과 섞어 만든 것이었으며, 눈 주위에는 초록색의 공작석을 갈아 만든 가루를 바르고 볼에는 붉은색의 계관석 가루를 발랐다. 입술에는 녹갈색의 헤나 또는 푸쿠스(fucus)라고 하는 식물성 염료를 바르기도 하였으며, 화가들이 사용하는 붉은색 안료인 진사(HgS)를 바르기도 하였다. 붉은색 화장품 재료인 계관석은 황과 비소의 화합물이었으며, 방연석은 은을 일부 포함하는 황과 납의 화합물이었다. 또 공작석은 탄산 구리가 주성분인 광물이었다. 그런데 중금속 이온은 독성이 있어서 미생물이나 세균을 죽이는 역할도 하지만, 동시에 피부를 통하여 인체에 들어가 만성적인 중금속 중독을 일으키기도 한다.





### ❀ 미나마타병

일본의 미나마타 시에서 발생한 수은 중독에 의한 공해병으로서, 이와 유사한 유형의 공해병을 통칭하는 경우에도 사용한다. 1955년경 미나마타 시에서는 고양이가 이유 없이 죽는 일이 자주 일어났고, 1956년에는 사람에게도 원인을 알 수 없는 중추 신경 질환이 발생하였다. 증세는 중추 신경계에 장애가 생겨 손발이 저려 걷는 것도 힘들게 되고, 심한 경우에는 경련이나 정신 착란을 일으켜 결국은 사망하는 것이다. 처음에는 그 원인을 알 수 없었으나 결국 근처에 있는 화학 공장에서 바다로 배출한 폐수에 포함된 메틸 수은이 물고기를 통해 생물 농축 과정을 거쳐 이들을 섭취한 주민들에게 수은 중독을 일으킨 것이었다.

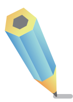
### ❀ 이타이이타이병

일본 도야마 현의 강 하류에서 발생한 카드뮴 중독에 의한 공해병이다. 이 병의 원인은 광산에서 배출한 폐수 속에 포함된 카드뮴이었다. 증세는 콩팥의 기능이 나빠지고, 인체에 필요한 칼슘이 부족해져서 뼈가 물러지며, 조금 움직이는 것만으로도 골절이 일어나는 것이다. 재채기를 하거나 의사가 맥을 짚은 것만으로 골절된 예도 있으며, 결국은 사망하게 된다.

## | 관련 지식 |

### ❀ 크로뮴의 특징

자동차나 주변의 금속 제품들 중에 약간 푸른색을 띠고 닦으면 금속 광택이 나면서 거울처럼 비치는 것들이 있는데, 이것들은 대부분 크로뮴으로 도금한 제품이다. 크로뮴은 화합물들이 여러 가지 색을 띠기 때문에 색을 뜻하는 그리스 어 'chroma'를 따서 원소 이름이 지어졌다. 붉은색 보석인 루비와 초록색 보석인 에메랄드의 아름다운 색도 이들에 미량 들어 있는 크로뮴 때문에 나타나는 것이다. 그러나 크로뮴은 호흡기 장애, 콩팥 장애, 소화기 장애 등을 일으키고, 코 점막을 짓무르게 하여 궤양을 유발하며, 심해지면 코 안의 격막에 구멍이 생긴다. 그리고 기관지암, 폐암을 일으키기도 한다.



# 대단원 마무리

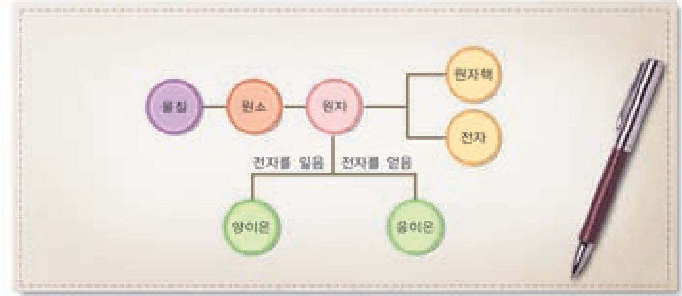
## Ⅰ. 물질의 구성

### 개념 정리하기

대단원 마무리

Ⅰ. 물질의 구성

개념 정리하기




❶ 물질을 이루는 가장 기본적인 성분은 ____이다.

❷ 물을 이루고 있는 원소는 수소와 ____이다.

❸ 공기를 구성하는 원소 중 가장 많은 부피를 차지하는 것은 ____이다.

❹ 금속 원소와 비금속 원소 중 전기와 열을 잘 통하고 힘을 가하면 얇게 펴지는 성질을 가진 것은 ____ 원소이다.

❺ 탄소는 원소 기호로 나타내면 ____이고, 원소 Cl의 이름은 ____이다.

❻ 물질 속에 포함된 금속 원소는 ____와/과 스펙트럼으로 확인할 수 있다.

❼ 돌턴은 ____을/를 더 이상 쪼갤 수 없는 가장 작은 입자라고 하였다.

❽ 원자는 중심에 ____이/가 있고, 그 주위를 ____이/가 돌고 있다.

❾ 원자가 전자를 얻으면 ____이/가 되고, 전자를 잃으면 ____이/가 된다.

❿ 나트륨 원자의 총 전하는 ____이고, 나트륨 이온의 총 전하는 ____이다.

⓫ $Ca^{2+}$은 Ca이 전자를 2개 잃어서 된 것이며, 이름은 ____(이)라고 부른다.

⓬ 산화 이온을 이온식으로 나타내면 ____이다.

⓭ 나트륨 이온과 염화 이온이 결합하면 ____이/가 생성되며, 이 화합물을 화학식으로 나타내면 ____이다.

⓮ 염화 나트륨 수용액에 질산 은 수용액을 떨어뜨리면 흰색 앙금인 ____이/가 생성된다. 이를 통해 양이온인 ____와/과 음이온인 ____을/를 확인할 수 있다.

⓯ 혈액 속 헤모글로빈의 구성 성분인 ____은/는 폐에서 산소와 결합했다가 각 조직으로 산소를 공급하여 생명 활동에 도움을 준다.

54 Ⅰ. 물질의 구성

### 빈칸 채우기

❶ 원소

[해설] 원소는 물질을 이루는 기본 성분이다. 한 가지 원소로 이루어진 물질은 성분 원소의 성질을 나타낸다.

❷ 산소

[해설] 물을 전기 분해하면 수소와 산소를 얻을 수 있다. 수소와 산소는 각각 다른 물질로 나눌 수 없으므로 물을 이루는 성분 원소이다.

❸ 질소

[해설] 공기 중에는 질소가 약 78 %, 산소가 약 21 %를 차지하고 있다.

❹ 금속

[해설] 금속 원소는 전기 전도성이 있으며, 힘을 가하면 얇게 펴지는 성질과 길게 늘어나는 성질이 있다. 흑연을 제외한 비금속 원소는 전기 전도성이 없다.

❺ C, 염소

❻ 불꽃색

[해설] 금속은 고유의 불꽃색을 가지고 있으므로 불꽃 반응으로 확인할 수 있는데, 리튬과 스트론튬처럼 불꽃색이 비슷한 경우에는 불꽃색으로 확인하기 어렵다. 이 경우에는 스펙트럼을 비교하여 구별할 수 있다.

❼ 원자

[해설] 19세기에는 원자보다 작은 입자의 존재에 대한 증거가 없었으므로 돌턴이 생각한 원자는 더 이상 쪼갤 수 없는 가장 작은 입자였다.

❽ 원자핵, 전자

[해설] 원자의 중심에는 (+)전하를 띤 원자핵이 있고, 원자핵의 주위를 (−)전하를 띤 전자가 돌고 있다.

❾ 음이온, 양이온

[해설] 중성 원자는 원자핵의 (+)전하량과 전자의 (−)전하량이 같아서 전기적으로 중성이다. 그러나 원자가 전자를 얻으면 (−)전하량이 (+)전하량보다 커져서 (−)전하를 띠는데, 이를 음이온이라고 한다. 또 원자가 전자를 잃으면 (+)전하량이 (−)전하량보다 커져서 양이온이 된다.

❿ 0, +1

[해설] 나트륨 원자는 원자핵의 (+)전하가 +11이고, 전자의 총 전하가 −11이므로 전기적으로 중성이다. 나트륨 이온은 나트륨 원자가 전자 1개를 잃고 형성되므로 +1의 전하를 띤다.

⓫ 칼슘 이온

[해설] 양이온의 이름은 해당 원소의 이름 뒤에 '이온'을 붙여서 부른다. Ca의 이름이 칼슘이므로 $Ca^{2+}$의 이름은 칼슘 이온이다.

⓬ $O^{2-}$

[해설] 산화 이온은 산소 원자가 전자를 2개 얻어서 형성되므로 −2의 전하를 띤다. 음이온을 표현할 때 원소 기호의 오른쪽 위에 얻은 전자 수를 '−' 기호와 함께 나타내므로 산화 이온은 $O^{2-}$로 표현한다.

⓭ 염화 나트륨, NaCl

[해설] 양이온과 음이온으로 이루어진 화합물의 화학식을 나타낼 때에는 양이온을 앞에 쓰고, 음이온을 뒤에 쓰므로 NaCl이 된다. 이름은 반대로 음이온의 이름을 먼저 읽고, 양이온의 이름을 나중에 읽으므로 염화 나트륨이다.

⓮ 염화 은(AgCl), 은 이온($Ag^{+}$), 염화 이온($Cl^{-}$)

[해설] 염화 은의 화학식은 AgCl이며, 물에 잘 녹지 않으므로 $Ag^{+}$이 포함된 수용액에 $Cl^{-}$이 포함된 수용액을 떨어뜨리면 흰색 앙금이 생성된다.

⓯ 철 이온($Fe^{2+}$)

[해설] 헤모글로빈의 철 이온은 각 조직으로 산소를 공급한다.

## 개념 적용하기



**1** 여러 학자들이 주장한 물질관에 대한 설명으로 옳은 것은?
① 탈레스는 공기를 모든 물질의 근원이라고 생각하였다.
② 아리스토텔레스는 4원소설이 옳지 않음을 실험으로 증명하였다.
③ 엠페도클레스는 모든 물질의 근원이 되는 원소가 물이라고 주장하였다.
④ 라부아지에는 네 가지 성질이 조화를 이루어 4원소가 서로 변환된다고 주장하였다.
⑤ 데모크리토스는 모든 물질을 계속 쪼개어 나가면 더 이상 쪼갤 수 없는 입자가 남는다고 주장하였다.

**2** 원소에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. 화학적 방법으로도 더 이상 분해되지 않는다.
ㄴ. 공기 속 성분 중 하나인 이산화 탄소는 원소이다.
ㄷ. 구리와 철은 한 가지 종류의 원소로 이루어져 있다.
ㄹ. 현재까지 알려진 원소는 모두 자연 상태에서 발견된 것이다.

**3** 다음에서 설명하는 원소의 이름과 원소 기호를 옳게 짝지은 것은?

대기의 약 21 %를 차지하고 있다. 물질이 연소할 때 꼭 필요하며, 금속이 공기 중에서 녹스는 것은 이 것 때문이다.

① 질소 – N　② 탄소 – C
③ 산소 – O　④ 플루오린 – F
⑤ 수소 – H

**4** 원소 기호에 대한 설명으로 옳은 것은?
① 원소 기호는 항상 대문자로 나타낸다.
② 원소 기호는 항상 두 글자로 나타낸다.
③ 모든 원소 기호는 그리스 어에서 시작되었다.
④ 현재는 멘델레예프가 제안한 원소 기호를 사용하고 있다.
⑤ 두 글자로 된 원소에서 첫 글자를 대문자로 쓰고, 두 번째 글자는 소문자로 나타낸다.

**5** 불꽃 반응을 시켰을 때 같은 불꽃색을 나타내는 물질 2개를 고르면?
① 염화 구리　② 염화 칼륨
③ 질산 구리　④ 질산 나트륨
⑤ 질산 스트론튬

**6** 다음에서 설명하고 있는 것은 무엇인지 쓰시오.

- 19세기 초에 영국의 과학자 돌턴은 더 이상 쪼개지지 않는 가장 작은 입자라고 설명하였다.
- 원자핵과 전자로 구성되어 있다.

**7** 돌턴의 원자설에 대한 설명으로 옳은 것은?
① 실험으로 원자가 쪼개지지 않음을 알아내었다.
② 원자 2개가 결합하여 새로운 원자가 생성되기도 한다.
③ 화학 반응에서 원자는 없어지거나 새로 생겨나지 않는다.
④ 화학 반응에서 한 원자는 다른 종류의 원자로 바뀔 수 있다.
⑤ 같은 원소의 원자라고 해서 크기, 모양, 질량이 항상 같은 것은 아니다.

대단원 마무리 55

---

### 참고 자료　원소 이름 익히기 빙고 놀이

원소에 대한 학습을 하기 전이나 학습 중에 주변의 원소를 익히는 방법으로 빙고 게임을 할 수 있다. 빙고 게임 방법은 다음과 같다.

① 학생들은 5×5의 칸을 만들어 각 칸에 원소 기호를 쓴다.
② 교사가 원소 기호와 관련된 내용을 읽어 준다.
　예 태양에 가장 많이 포함된 원소는?
　　그리스 어 의 '시다(oxys)' 에서 유래된 원소는?
　　다이아몬드를 구성하는 원소는?
　　공기에 가장 많이 포함된 원소는?
　　헤모글로빈의 성분인 금속 원소는?
③ 학생들은 해당하는 원소를 찾아 원소 기호를 지운다.
④ 대각선이나 가로, 세로로 5줄이 지워지면 '빙고' 를 외친다.

이때 교사는 원소의 특징을 읽어 주는 대신 여러 가지 원소의 특징을 보여 주는 ppt 자료를 사용할 수도 있다.

---

## 개념 적용하기

**1** ⑤
[해설] ① 탈레스는 모든 물질의 근원이 되는 원소가 물이라고 주장하였다.
②, ④ 아리스토텔레스는 엠페도클레스의 4원소설을 보완하여 따뜻함, 차가움, 습함, 건조함의 네 가지 성질이 어우러져 다른 원소로 변환될 수 있다고 주장하였다. 아리스토텔레스의 4원소설이 옳지 않음을 실험으로 증명한 학자는 라부아지에이다.
③ 엠페도클레스는 불, 물, 공기, 흙의 네 가지 원소가 조금씩 혼합되어 물질을 구성한다고 생각하였다.
⑤ 물질을 계속 쪼개어 나가면 더 이상 쪼갤 수 없는 입자가 남고, 이를 원자라고 주장한 학자는 데모크리토스이다.

**2** ㄱ, ㄷ
[해설] ㄴ. 이산화 탄소는 산소와 탄소로 이루어진 물질이므로 원소가 아니다.
ㄹ. 현재까지 발견된 원소는 112종류이다. 자연적으로 발견된 원소가 대부분이지만, 일부는 인공적으로 만들어진 원소도 있다.

**3** ③
[해설] 물질이 연소할 때에는 산소가 필요하며, 금속이 녹스는 것도 산소와 결합하는 것이다.

**4** ⑤
[해설] 원소 기호는 라틴 어와 그리스 어 등으로부터 유래하였으며, 현재 사용하고 있는 원소 기호는 베르셀리우스가 제안한 것이다. 한 글자로 된 원소 기호는 대문자를 사용하며, 두 글자로 된 원소 기호는 첫 글자는 대문자로 쓰고, 두 번째 글자는 소문자로 나타낸다.

**5** ①, ③
[해설] 금속 원소는 특유의 불꽃색을 나타내는데, 염화 구리와 질산 구리처럼 같은 금속 원소를 포함하고 있으면 서로 다른 물질들이라도 같은 불꽃색을 나타낸다.

**6** 원자
[해설] 원자는 물질을 이루는 입자를 의미한다.

**7** ③
[해설] 원자는 화학 반응에서 없어지거나 새로 생겨나지 않으며, 다른 종류의 원자로 바뀌지도 않는다. 그리고 같은 원소의 원자들은 모양, 크기, 질량이 같다.

## 개념 적용하기

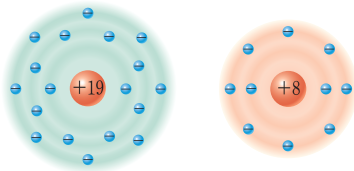
**8** ㄱ, ㄷ

[해설] ㄱ, ㄹ (가)는 원자가 전자 1개를 잃어서 이온이 생성되는 과정이므로 (가)에서 만들어진 이온은 양이온이다. 따라서 (+)전하를 띠고 있다.

ㄴ, ㄹ (나)는 원자가 전자 1개를 얻어서 이온이 생성되는 과정이므로 (나)에서 만들어진 이온은 음이온이다. 따라서 (나)에서 만들어진 이온은 전류를 흘려주면 (+)극으로 이동한다.

ㄷ. 양이온과 음이온 사이에는 서로 인력이 작용한다.

**9** (가) $K^{+}$ (나) $O^{2-}$




[해설] (가) 원자핵의 전하가 +19인 원소는 칼륨(K)이며, 중성 원자의 경우 전자 수는 19개이다. 칼륨은 전자 1개를 잃어 전자 수가 총 18개인 칼륨 이온($K^{+}$)이 된다.

(나) 원자핵의 전하가 +8인 원소는 산소(O)이며, 중성 원자의 경우 전자 수는 8개이다. 산소는 전자 2개를 얻어 전자 수가 총 10개인 산화 이온($O^{2-}$)이 된다.

**10** ①

[해설] 수용액 중의 칼륨 이온은 $K^{+}$이다.

**11** 흰색 앙금: $BX_2$ , 노란색 앙금: $BZ_2$

[해설] [결과 3]에서 AX 수용액과 CY 수용액의 반응으로 생성될 수 있는 물질은 AY와 CX인데, 이 두 물질은 모두 앙금이 아니다. [결과 1]에서 AX 수용액과 $BY_2$ 수용액의 반응으로 생성될 수 있는 물질은 AY와 $BX_2$이므로, 이때 생성된 흰색 앙금은 $BX_2$이다. [결과 2]에서 AZ 수용액과 $BY_2$ 수용액의 반응으로 생성될 수 있는 물질은 AY와 $BZ_2$이므로, 이때 생성된 노란색 앙금은 $BZ_2$이다.

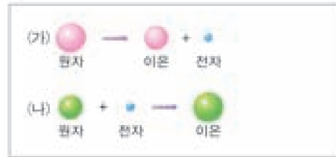
**12** ②

[해설] 사람의 혈액에는 여러 가지 이온이 존재하여 생명을 유지하고 생활하는 데 중요한 역할을 한다.

---

### 개념 적용하기

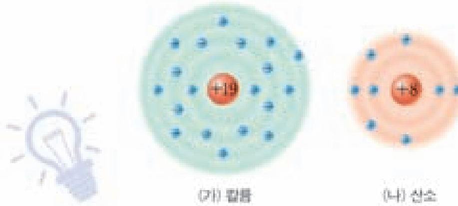
**8** (가)와 (나)는 두 가지 이온이 만들어지는 과정을 모형으로 나타낸 것이다.




이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. (가)에서 만들어진 이온은 (+)전하를 띠고 있다.
ㄴ. (나)에서 만들어진 이온은 전류를 흘려주면 (−)극으로 이동한다.
ㄷ. (가)에서 만들어진 이온과 (나)에서 만들어진 이온은 서로 인력이 작용한다.
ㄹ. (가)에서 만들어진 이온은 음이온이고, (나)에서 만들어진 이온은 양이온이다.

**9** 금속 원소의 원자들은 양이온이 되는 경향이 있고, 비금속 원소의 원자들은 음이온이 되는 경향이 있다. 아래 그림의 두 원자가 이온으로 되었을 때 예상되는 이온의 모형을 그려 보고, 이온식을 쓰시오.




**10** 수용액 중의 이온과 이온의 이름이 잘못 짝지어진 것은?

① $K^{2+}$ – 칼륨 이온
② $OH^{-}$ – 수산화 이온
③ $Na^{+}$ – 나트륨 이온
④ $CO_3^{2-}$ – 탄산 이온
⑤ $NH_4^{+}$ – 암모늄 이온

**11** 다음은 몇 가지 물질의 수용액을 혼합하여 앙금 생성 여부를 조사한 실험 결과이다.

[결과 1] AX 수용액에 $BY_2$ 수용액을 섞었더니 흰색 앙금이 생겼다.
[결과 2] AZ 수용액에 $BY_2$ 수용액을 섞었더니 노란색 앙금이 생겼다.
[결과 3] AX 수용액에 CY 수용액을 섞었더니 아무 변화도 일어나지 않았다.

흰색 앙금과 노란색 앙금의 화학식을 각각 쓰시오.

**12** 이온의 존재와 이용에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 바닷물에는 많은 종류의 이온이 존재한다.
② 사람의 혈액에는 이온이 존재하지 않는다.
③ 이온 음료는 우리 몸속의 이온과 성분이 비슷하다.
④ 사람의 몸속에도 이온이 있어 전류가 흐를 수 있다.
⑤ 채소나 해조에 들어 있는 이온을 음식물로 섭취하기도 한다.

56 Ⅰ. 물질의 구성

---

### 심화 학습 깊은 바다에서는 조개껍데기가 발견되지 않는 이유

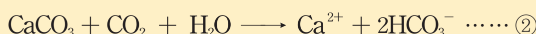
석회수에 빨대로 입김을 불어넣으면 석회수가 뿌옇게 흐려지며, 그 후 계속하여 입김을 불어넣으면 석회수가 다시 맑아진다. 그 이유는 처음에는 석회수에 이산화 탄소가 공급되면 탄산 칼슘 앙금이 생기는 ①의 반응이 일어나지만 계속하여 이산화 탄소가 공급되면 ②의 반응이 일어나 탄산 칼슘 앙금이 물에 잘 녹는 탄산수소 칼슘으로 변하기 때문이다.



❷ 석회수에 입김 불어 넣기



$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$ ············ ①



$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^{-}$ ······ ②

온도가 낮을수록, 압력이 높을수록 이산화 탄소의 물에 대한 용해도는 증가하는데, 깊은 바닷속은 온도가 낮고 압력이 높으므로 이산화 탄소가 많이 녹게 된다. 따라서 ②의 반응이 많이 일어나 탄산 칼슘이 탄산수소 칼슘으로 변하므로 탄산 칼슘이 주성분인 조개껍데기를 발견하기 어려운 것이다.

## 개념 응용하기

창의력 키우기

1) 요즘에는 생활용 자전거에서부터 산악용 자전거까지 그 종류가 다양하다. 자전거를 이루고 있는 원소를 부위별로 조사해 보시오.



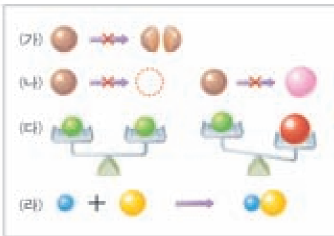
탐구력 기르기

2) 밤하늘을 수놓는 불꽃놀이에서 눈부신 흰색 광채 및 붉은색, 황록색, 청록색의 불빛은 어떤 원소를 포함한 물질 때문인지 쓰시오.



탐구력 기르기

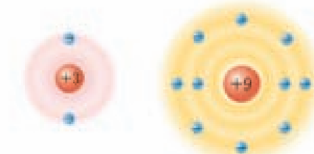
3) 그림은 돌턴의 원자설을 모형으로 나타낸 것이다.




현대 원자설과 비교하여 수정되어야 할 원자설을 고르고, 수정 사항을 쓰시오.

탐구력 기르기

4) 그림은 금속 원소와 비금속 원소가 이온이 된 상태를 모형으로 나타낸 것이다.




(1) 각각 이온이 형성된 과정을 설명하고, 이온식을 쓰시오.

(2) 두 이온이 만나 형성되는 화합물의 화학식과 이름을 쓰시오.

창의력 키우기

5) 납(Pb)은 사람의 몸속에 들어오면 쉽게 배출되지 않고 체내에 축적된다. 축적된 후 오랜 시간이 흐르면 중독 증상이 나타나므로 위험하다. 이러한 납 이온($Pb^{2+}$)이 공장의 폐수 속에 포함되어 있는지 확인할 수 있는 방법을 조사해 보시오.

창의·인성 키우기

6) 먹는 샘물 속에 들어 있는 이온의 종류를 조사하고, 여러 가지 이온이 들어 있는 이유를 설명해 보시오.



대단원 마무리 57

## 개념 응용하기

**1)** 예시_ • 손잡이, 안장: 플라스틱으로 이루어져 있으므로 탄소, 수소 등을 포함한다.
• 틀(프레임): 과거에는 철로 만들어졌으나, 최근에는 알루미늄으로 제작된다.
• 체인: 강철로 만들어지며, 강철은 철에 탄소를 첨가하여 만들어진 합금이다.
• 타이어: 고무로 만들어지며, 고무는 탄소, 수소 등으로 이루어져 있다.

**2)** 불꽃놀이에서 나타나는 불꽃 색깔은 금속 원소의 불꽃색을 이용하는 것으로서, 흰색 광채는 마그네슘의 불꽃색이다. 그리고 붉은색의 불꽃색은 리튬이나 스트론튬, 황록색의 불꽃색은 바륨, 청록색의 불꽃색은 구리 때문에 나타난다.

[해설] 불꽃색으로 구별하기 어려운 원소는 선 스펙트럼으로 구별할 수 있다.

**3)** (가) 모든 물질은 더 이상 쪼갤 수 없는 입자, 즉 원자로 구성되어 있다. ➡ 원자는 더 작은 입자인 양성자, 중성자, 전자 등으로 구성되어 있다.
(다) 같은 원소의 원자들은 모양, 크기, 질량이 같고, 다른 원소의 원자들은 모양, 크기, 질량이 서로 다르다. ➡ 같은 원소 중에도 질량이 다른 동위 원소가 존재한다. 예 수소, 중수소, 삼중수소

**4)** (1) 원자핵의 전하가 +3인 것은 리튬 원자(Li)를 의미하며, 전자가 2개이므로 전자 1개를 잃어버린 리튬 이온($Li^{+}$)이다. 그리고 원자핵의 전하가 +9인 것은 플루오린 원자(F)를 의미하며, 전자가 10개이므로 전자 1개를 얻은 플루오린화 이온($F^{-}$)이다.
(2) 리튬 이온과 플루오린화 이온이 결합하면 플루오린화 리튬(LiF)이 생성된다.

[해설] 리튬 이온은 전하가 +1인 이온이고, 플루오린화 이온은 전하가 −1인 이온이므로 두 이온이 만나 화합물을 형성할 때 리튬 이온 : 플루오린화 이온 = 1 : 1의 비로 결합하면 전체 전하가 중성이 된다. 화합물을 화학식으로 나타낼 때에는 구성 원소 중 양이온을 먼저 쓰고 그 뒤에 음이온을 쓰므로 LiF이며, 이온 화합물의 이름은 음이온의 이름인 '플루오린화'를 먼저 읽고, 양이온의 이름인 '리튬'을 나중에 읽으므로 플루오린화 리튬이다.

**5)** 납 이온($Pb^{2+}$)과 같은 중금속 이온을 확인하는 방법으로 앙금생성 반응이 이용된다. 납 이온은 황화 이온($S^{2-}$)과 반응하여 황화 납(PbS)의 검은색 앙금을 생성하고, 황산 이온($SO_4^{2-}$)과 반응하여 황산 납($PbSO_4$)의 흰색 앙금을 생성한다. 그러므로 황화 이온이나 황산 이온을 포함하는 수용액을 폐수 속에 넣어서 앙금이 생성되는지 확인한다.

**6)** 일반적으로 먹는 샘물은 지하수를 사용하는데, 지하수는 암반을 통과하는 동안 여러 가지 이온들이 녹아들어 간다. 따라서 먹는 샘물에는 칼슘 이온, 나트륨 이온, 칼륨 이온, 마그네슘 이온 등 여러 가지 이온이 들어 있다. 납, 비소, 수은 등 유해 중금속 이온은 몸에 흡수되면 배출되지 않고, 일정량 이상 쌓이면 몸에 이상 증세를 일으키므로 물에 포함되지 않아야 한다. 칼슘 이온이나 철 이온 등은 소량 남겨 두어도 되지만 철 이온은 물맛을 좋지 않게 한다. 또 플루오린화 이온을 첨가하여 충치 예방 효과를 얻기도 한다.

# 대단원 평가문항 예시

**01** 라부아지에와 관련이 없는 내용은?

① 물을 분해하고 합성하였다.
② 33종의 원소를 정리하여 발표하였다.
③ 최초로 현대적인 원소 개념을 제시하였다.
④ 아리스토텔레스의 4원소설이 옳지 않음을 증명하였다.
⑤ 연소하는 것은 공기 중의 산소와 결합하는 것이라고 주장하였다.

**02** 다음에서 설명하는 것으로 옳은 것은?

> 구리와 같이 어떤 실험적 방법으로도 더 이상 분해할 수 없는 물질의 최소 단위 성분이다.

① 원소　② 원자　③ 전자
④ 분자　⑤ 원자핵

**03** 〈보기〉의 설명 중 옳은 것을 있는 대로 고른 것은?

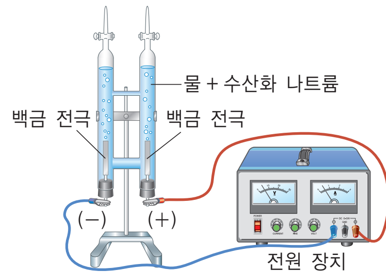
> 보기
> ㄱ. 원소의 최소 단위 입자는 원자이다.
> ㄴ. 원소는 화학적으로 분해되지 않는 성분 물질이다.
> ㄷ. 염화 나트륨은 염화 나트륨 수용액을 증발시키면 얻어지므로 원소이다.

① ㄱ　② ㄷ　③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** 밑줄 친 물질 중 한 가지 원소로 이루어진 물질은?

> ①에탄올($C_2H_6O$)이 연소되면 ②이산화 탄소($CO_2$)와 ③물($H_2O$)이 생성된다. 그리고 충분한 ④산소($O_2$)가 공급되지 않는 상태에서 숯(C)을 태우면 ⑤일산화 탄소(CO)가 생성된다.

**05** 그림과 같이 장치하고 전류를 흘려주었을 때 나타난 결과에 대해 옳게 설명한 것은? (정답 2개)




① 순수한 물은 전기가 잘 통한다.
② (+)극에 불꽃을 대면 '펑' 소리를 낸다.
③ (−)극에 꺼져 가는 불씨를 대면 다시 살아난다.
④ 물은 전기 분해하면 수소와 산소 기체가 발생한다.
⑤ (+)극과 (−)극에서 발생하는 기체의 부피비는 1 : 2이다.

**06** 몇 가지 원소에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① O – 지각에 가장 많이 포함되어 있는 원소이다.
② H – 우주에 가장 많이 포함되어 있는 원소이다.
③ N – 공기 중에 가장 많이 포함되어 있는 원소이다.
④ C – 사람의 몸에 가장 많이 포함되어 있는 원소이다.
⑤ Si – 지각에 두 번째로 많이 포함되어 있는 원소이다.

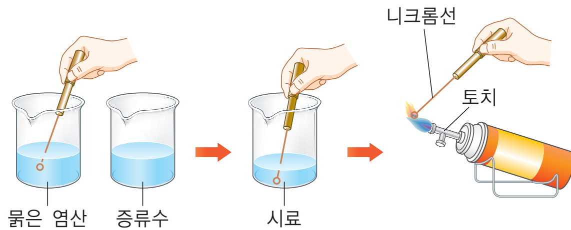
**07** 원소 기호에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 원소를 나타내는 기호이다.
② 화합물을 나타낼 때에도 원소 기호를 사용한다.
③ 항상 원소의 영어 이름의 첫 글자를 따서 나타낸다.
④ 베르셀리우스가 제안한 원소 기호가 오늘날에도 사용되고 있다.
⑤ 원소 이름의 첫 글자는 대문자로 나타내고, 두 번째 글자는 소문자로 나타낸다.

**08** 원소 기호와 원소의 이름을 옳게 짝지은 것은?

① F – 철　② Ne – 질소
③ H – 헬륨　④ Ag – 수은
⑤ Mg – 마그네슘

**09** 그림과 같은 불꽃 반응 실험을 통해 몇 가지 물질의 불꽃색을 관찰하려고 한다.



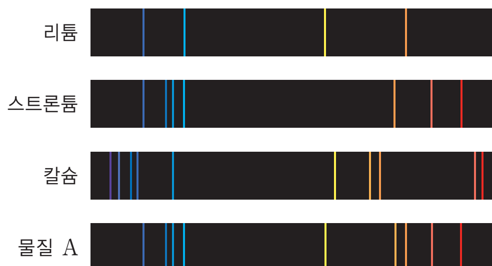

이에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 니크롬선 대신 구리선을 사용해도 된다.
② 니크롬선은 토치의 속불꽃에 넣어 관찰한다.
③ 묽은 염산은 처음 시료를 묻히기 전에만 사용한다.
④ 물질 속에 포함된 일부 금속 원소의 종류를 알 수 있다.
⑤ 시료의 양이 적은 경우는 성분 원소를 구별할 수 없다.

**10** 불꽃 반응 결과 불꽃색이 같은 물질끼리 짝지은 것은?

① 염화 구리 – 염화 리튬
② 질산 칼륨 – 염화 칼슘
③ 질산 구리 – 질산 나트륨
④ 염화 나트륨 – 염화 리튬
⑤ 질산 나트륨 – 염화 나트륨

**11** 그림은 리튬, 스트론튬, 칼슘과 물질 A의 선 스펙트럼을 나타낸 것이다.




물질 A에 포함된 원소를 모두 고른 것은?

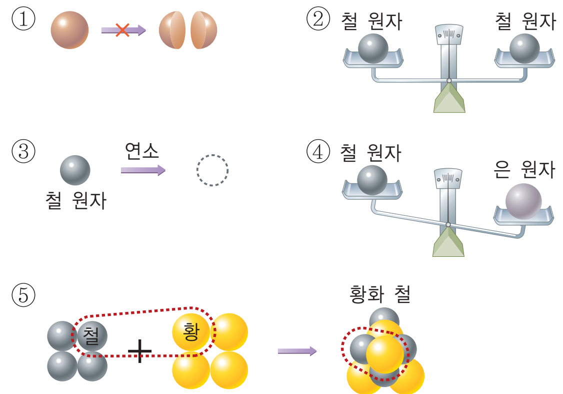
① 스트론튬 ② 리튬, 칼슘
③ 리튬, 스트론튬 ④ 스트론튬, 칼슘
⑤ 리튬, 스트론튬, 칼슘

**12** 원자에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

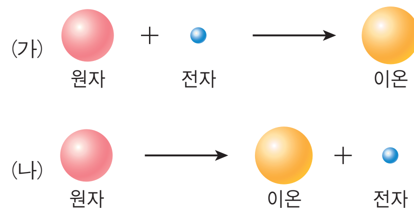
보기
ㄱ. 전자는 원자의 중심에 위치한다.
ㄴ. 원자핵과 전자로 이루어져 있다.
ㄷ. 원자의 크기는 원자핵이 대부분을 차지한다.
ㄹ. 산소 1분자는 산소 원자 2개로 이루어져 있다.

① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

**13** 돌턴의 원자설을 원자 모형으로 나타낸 것 중 옳지 <u>않은</u> 것은?




**14** (가)에서 만들어지는 이온과 (나)에서 만들어지는 이온의 종류를 각각 쓰시오.




**15** 가장 많은 수의 전자를 잃고 형성된 이온은?

① $K^{+}$ ② $Cl^{-}$ ③ $O^{2-}$
④ $Mg^{2+}$ ⑤ $Al^{3+}$

**16** 증류수가 들어 있는 비커에 전원이 연결된 전극을 넣었을 때에는 발광 다이오드에 불이 켜지지 않았다. 그러나 증류수에 손가락을 넣고 저어 주었더니 발광 다이오드에 불이 켜졌다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 증류수는 전류를 잘 흐르게 한다.
② 증류수를 잘 저어 주면 이온이 생성된다.
③ 발광 다이오드는 전류가 잘 흐르지 않는다.
④ 손가락으로 증류수를 저으면 물이 분해된다.
⑤ 손가락에는 물에 녹아 이온으로 나누어지는 물질이 묻어 있다.

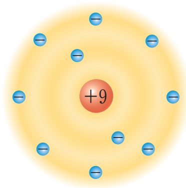
**17** 오른쪽 기호에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, S의 원자 번호는 16이다.)




보기
ㄱ. 전자 수는 16개이다.
ㄴ. 이온의 이름은 황 이온이다.
ㄷ. 원자가 전자 2개를 얻어서 형성되었다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

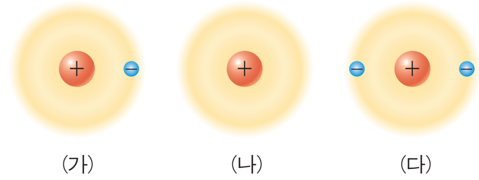
**18** 그림은 어떤 입자의 모형을 나타낸 것이다. 이 입자에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?




보기
ㄱ. 원자 번호가 9이다.
ㄴ. (+)전하를 띤 이온이다.
ㄷ. 이 입자가 포함된 수용액에 전류를 흘려주면 (+)극으로 이동한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**19** 그림 (가), (나), (다)는 중성 원자 또는 이온을 모형으로 나타낸 것이다.

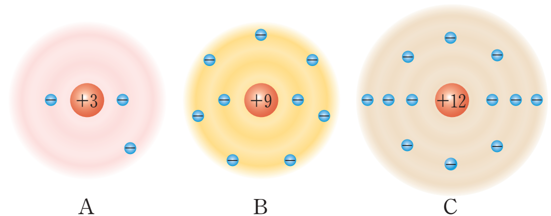



위 모형에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 전자 수가 가장 많은 입자는 (다)이다.
ㄴ. (가)가 전자 1개를 잃으면 (나)가 된다.
ㄷ. (나)와 (다)는 모두 전하를 띠는 입자이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**20** 그림은 원자 A, B, C를 모형으로 나타낸 것이다.

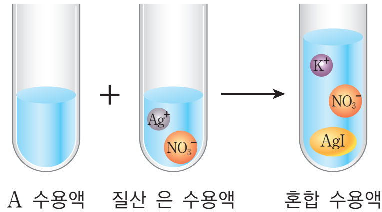



$A^{+}$, $B^{-}$, $C^{2+}$에 들어 있는 전자 수를 모두 합하면 몇 개인지 쓰시오.

**21** 두 가지 이온이 결합하여 형성된 화합물의 화학식으로 옳은 것은?

① $K^{+}$, $CO_3^{2-}$ — $KCO_3$
② $Na^{+}$, $Cl^{-}$ — $NaCl_2$
③ $Cu^{2+}$, $Cl^{-}$ — $CuCl$
④ $Ca^{2+}$, $Cl^{-}$ — $CaCl_2$
⑤ $Cu^{2+}$, $SO_4^{2-}$ — $Cu_2SO_4$

**22** 그림은 A 수용액에 질산 은 수용액을 넣었을 때 혼합 수용액에서 노란색 앙금이 생기는 것을 모형으로 나타낸 것이다.




물질 A의 화학식으로 옳은 것은?

① KI ② KCl ③ $KNO_3$
④ $AgNO_3$ ⑤ AgCl

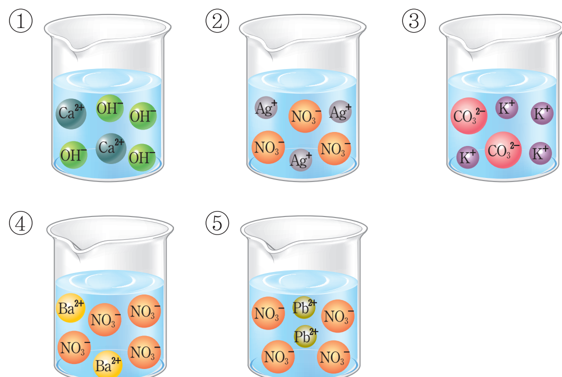
**23** 오른쪽은 구리 이온과 염화 이온으로 이루어진 화합물의 화학식을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 있는 대로 고르시오 (단, 구리의 원자 번호는 29이고, 염소의 원자 번호는 17이다.).




보기

ㄱ. 구리 이온 1개와 결합하는 염화 이온은 2개이다.
ㄴ. 구리 이온이 가진 전자 수는 염화 이온이 가진 전자 수의 2배이다.
ㄷ. 염화 이온의 전하의 크기는 구리 이온의 전하의 크기의 2배이다.

**24** 황산 나트륨($Na_2SO_4$) 수용액을 떨어뜨렸을 때 앙금이 생기지 않는 수용액은?




**25** 표는 음료수 A와 B에 질산 은 수용액과 염화 칼슘 수용액을 떨어뜨렸을 때의 결과이다.

| 구분 | 음료수 A | 음료수 B |
|---|---|---|
| 질산 은 수용액 | 흰색 앙금이 생김. | 흰색 앙금이 생김. |
| 염화 칼슘 수용액 | 변화 없음. | 흰색 앙금이 생김. |

위 결과로 볼 때, 음료수 A에는 들어 있지 않고 음료수 B에만 들어 있다고 생각할 수 있는 이온은? (단, 음료수에는 다음 이온들 중 일부만 들어 있다고 가정한다.)

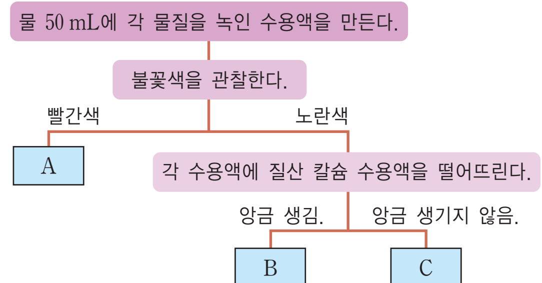
① 탄산 이온 ② 칼슘 이온 ③ 질산 이온
④ 염화 이온 ⑤ 나트륨 이온

**26** 염화 나트륨(NaCl) 수용액과 질산 나트륨($NaNO_3$) 수용액의 불꽃색은 노란색으로 같다. 이 두 수용액을 구별할 수 있는 방법으로 옳은 것을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.

보기

ㄱ. 선 스펙트럼을 조사한다.
ㄴ. 질산 은 수용액을 떨어뜨려 본다.
ㄷ. 직류 전원에 연결된 전극을 넣어 전류가 흐르는지 알아본다.

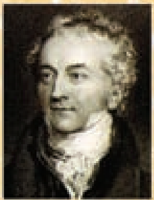
**27** 그림은 염화 나트륨, 염화 리튬, 탄산 나트륨을 구별하기 위한 실험을 모식도로 나타낸 것이다.




A, B에 해당하는 물질을 옳게 짝지은 것은?

① A – 염화 리튬, B – 염화 나트륨
② A – 염화 리튬, B – 탄산 나트륨
③ A – 염화 나트륨, B – 염화 리튬
④ A – 염화 나트륨, B – 탄산 나트륨
⑤ A – 탄산 나트륨, B – 염화 나트륨

영(Young, T. : 1773~1829)



영은 영국의 의사, 물리학자, 생리학자, 언어학자이다. 영은 1773년 영국 남서부에서 태어나 14세 때 그리스 어, 라틴 어를 배웠고 프랑스 어, 이탈리아 어, 독일어 등 여러 나라의 언어를 능숙하게 사용하였다. 그는 케임브리지 대학에서 의학을 공부하였고 21세에는 왕립 학회의 특별 연구원이 되었다.

그는 의사로서 인간의 감각에 대한 연구를 진행하던 중 소리와 빛에 관심을 가지게 되었다. 이에 따라 소리와 빛에 대한 연구를 진행하여 1801년에는 빛이 파동의 성격을 갖는다고 주장하였다.

영은 눈 안에 색을 감지하는 세포가 있음을 밝혔고 악기의 조율이나 상형 문자 해독에도 관심이 많았다.

58

# Ⅱ 빛과 파동

◆ 이 단원에서는

해안가에서 파도와 함께 햇빛을 찍으면 멋진 장면이 연출되기도 한다. 사진을 찍는다는 것은 순간을 포착하여 카메라에 빛을 담는 것이다. 빛과 파동은 각각 어떤 특성을 가지고 있을까?

이 단원에서는 빛의 진행에 대한 이해를 바탕으로 물체가 보이는 원리, 거울과 렌즈의 특징에 대하여 이해한다. 또 파동의 발생과 전파 과정을 이해하고, 소리가 들리는 과정과 여러 가지 악기가 내는 소리의 특성을 알아보자.

1 빛

2 파동

59

## 단원의 개관

학생들은 초등학교 3~4학년군에서 소리의 성질을 학습하고 소리가 물체의 떨림으로 만들어지는 원리 및 소리의 세기와 높낮이에 대해 학습하였다. 또한 거울과 그림자를 통해 거울의 특성과 그림자가 생기는 원리를 배웠다. 그리고 초등학교 5~6학년군에서 빛의 굴절과 렌즈에 대한 이해를 바탕으로 안경, 렌즈의 초점, 렌즈를 이용하여 간이 사진기 만들기 등을 학습하였다.

이 단원에서는 사람이 눈과 귀를 통하여 받아들이는 다양한 정보의 본질인 빛과 파동을 학습한다. 빛이 똑바로 나아가는 성질을 토대로 광선의 개념을 이끌어 내고, 광선을 이용하여 빛의 반사와 굴절 현상을 설명하고 원리를 이해한다. 또한 빛의 반사와 굴절을 통해 거울에 비친 상의 모습과 렌즈를 통해 보는 상의 모습을 설명한다. 그리고 매질에 대한 이해를 바탕으로 파동의 발생과 전파 과정을 알고 파동의 여러 가지 물리적 특성을 학습하며, 이를 바탕으로 소리가 들리는 과정과 여러 가지 악기가 내는 소리의 특성을 학습한다. 아울러 이 영역은 영상 기술, 미술, 음악 등 다른 교과와 밀접한 관계가 있다는 것을 이해하게 한다.

## 단원 학습 위계

**이미 배운 내용**

| | |
|---|---|
| 초등학교 3~4학년군 | • 소리의 성질<br>• 거울과 그림자 |
| 초등학교 5~6학년군 | • 빛의 굴절과 렌즈 |

**이번에 배울 내용**

• 물체를 보는 원리
• 빛의 합성
• 거울과 렌즈
• 파동의 발생과 성질
• 소리

**다음에 배울 내용**

| | |
|---|---|
| 고등학교 과학 | • 정보 통신<br>• 정보의 발생과 처리<br>• 소리와 빛<br>• 파동의 회절과 간섭 |

## 교육과정

### ■ 학습 내용 성취 기준

(가) 물체를 보는 원리를 안다.

(나) 빛의 3원색으로 다양한 빛을 합성할 수 있음을 알고, 이 원리가 영상 장치에 활용되는 것을 안다.

(다) 여러 가지 거울과 렌즈를 통해 나타나는 상을 관찰하고, 평면거울과 볼록 렌즈에 의한 상의 생성 원리를 이해한다.

(라) 파동이 발생하는 과정과 파동의 종류를 안다.

(마) 파동의 진행에서 반사와 굴절 현상을 이해한다.

(바) 소리가 들리는 과정을 알고, 파동의 진폭, 진동수, 파형으로부터 소리의 세기, 높낮이, 맵시를 안다.

### ■ 탐구 활동

(가) 컴퓨터 모니터를 이용한 빛의 3원색과 색의 합성 원리 탐구하기

(나) 일상생활에서 사용되는 거울과 렌즈의 종류를 찾고 특징 비교하기

(다) 물결파 실험 장치를 통하여 파동의 성질 관찰하기

(라) 파형 분석을 통한 여러 가지 악기의 특성 분석하기

(마) 빛이나 파동 현상이 기술과 예술 등 다른 분야에서 활용되는 예를 찾아보기

## 단원 지도상 유의점

1 물체를 보는 과정에 대한 학생들의 생각을 간단한 질문을 통해 확인하고 이를 토대로 수업을 시작한다. 이 과정에서 빛은 물체의 표면에서 사방으로 반사하며 그 빛 중 일부를 통해 우리가 물체를 보게 된다는 것을 알게 하고, 이 과정에서 눈과 시각 세포의 기능을 관련지어 사고하게 한다.

2 빛의 3원색을 원뿔 세포와 연관 지어 이해하게 하고, 거울을 이용한 빛의 합성과 간이 분광기를 통해 본 빛의 스펙트럼을 통해 빛의 합성을 분석하고 설명할 수 있게 한다.

3 주변에서 쉽게 볼 수 있는 컴퓨터, 텔레비전, 전광판 등의 영상 장치와 점묘화 등도 빛의 3원색 및 빛의 합성과 관련되어 있음을 이해시킨다.

4 거울과 렌즈에 의한 상을 보는 원리와 상이 만들어지는 원리를 구분하여 설명하고, 이때 상을 보는 원리를 우리 눈과 연관 지어 설명한다. 또한 거울과 렌즈에 의해 상이 만들어지는 원리를 광선을 그려 설명할 수 있도록 한다.

5 매질에 대한 이해를 바탕으로 파동의 발생과 전달을 이해하게 한다.

6 파동을 표시할 때 어느 한 순간의 모습에서 각 매질이 어느 위치에 있는지를 표시한 것이 매질의 위치에 따른 파동의 표시이며, 매질의 어느 한 점이 시간에 따라 어느 위치에 있는지를 나타낸 것이 시간에 따른 파동의 표시임을 명확히 구분하여 설명한다.

7 빛과 파동은 기술과 예술 등 여러 가지 분야에 활용 범위가 넓음을 이해하게 한다.

## 참고 자료

### ■ 참고 도서_교사용

1. 중학교 1학년 과학 「빛」 탐구 수업 지도 자료(2004), 서울대학교 과학 교육 연구소
2. 현대 물리학: University Physics Vol. 3(2009), Young, H. D. 외 저, 김용은 역, 청문각
3. 색채 공학(2003), Noboru Ohta 저, 최석진 외 역, 도서 출판 국제
4. 광학(2002), Hecht, E 외 저, 조재흥 역, 두양사
5. Matter & Interactions I(2011), Chabay Ruth 외 저, Jonh Wiley & Sons

### ■ 읽을 책_학생용

1. 파동의 사이언스: Newton Highlight(2010), 강금희 역, (주)뉴턴코리아
2. 빛이란 무엇인가?: Newton Highlight(2009), 강금희 역, (주)뉴턴코리아

### ■ 시청각 자료_internet

1. 한국 교육 학술 정보원: http://keris.or.kr
2. 한국 과학 창의 재단: http://www.kofac.re.kr

## ▶ 단원 지도 계획

| 중단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ⅱ-1 빛 | 1 물체를 보는 원리 | 9 | 1~2 /19차시 | • 물체를 보는 과정을 설명하기<br>• 광원에서 나오는 빛과 물체에서 반사되는 빛의 구별<br>• 사람이 물체를 인식하는 과정 설명하기<br>• STEAM: 보이는 것이 모두 진실은 아니야! |
| | 2 빛의 합성 | | 3~5 /19차시 | • 탐구 활동: 빛의 합성<br>• 탐구의 확장: 간이 분광기를 통한 빛의 합성 관찰<br>• 백색광의 구성과 다양한 색의 인식<br>• 영상 장치가 색을 만드는 원리<br>• 과학 자료실: 화소<br>• 보충 · 심화: 빛으로 그림 그리기<br>• STEAM: 빛과 그림(점묘화) |
| | 3 거울과 렌즈 | | 6~9 /19차시 | • 해 보기: 빛은 어떻게 나아갈까?<br>• 탐구 활동: 거울의 종류와 특징<br>• 탐구의 확장: 오목 거울에 비추어 보는 나의 모습<br>• 과학 자료실: 오목 거울의 이용<br>• 평면 거울이 상을 만드는 원리<br>• 탐구 활동: 렌즈의 종류와 특징<br>• 탐구의 확장: 간이 사진기 만들기<br>• 볼록 렌즈가 상을 만드는 원리<br>• 보충 · 심화: 가장 가까이 있는 거울과 렌즈 |
| Ⅱ-2 파동 | 1 파동의 발생과 종류 | 9 | 10~12 /19차시 | • 파동의 발생과 종류<br>• 해 보기: 파동은 어떻게 전달될까?<br>• 파동을 표시하는 두 가지 방법<br>• 보충 · 심화: 지진에도 횡파와 종파가 있다! |
| | 2 파동의 반사와 굴절 | | 13~14 /19차시 | • 탐구 활동: 파동의 성질 관찰하기<br>• 이미지 사이언스: 초음파를 이용하는 생물<br>• 파동이 굴절하는 원리<br>• 보충 · 심화: 별은 왜 반짝이는 것일까? |
| | 3 소리 | | 15~18 /19차시 | • 해 보기: 소리는 어떻게 전달되는 것일까?<br>• 소리의 발생과 전달<br>• 소리를 듣는 과정<br>• 탐구 활동: 여러 가지 악기 소리의 특성<br>• 우리 생활 속의 빛과 파동<br>• 탐구 활동: 빛과 파동의 활용<br>• STEAM: 음성 인식 기술 |
| 대단원 마무리 | | 1 | 19/19차시 | • 개념 정리하기, 개념 적용하기, 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
|---|---|---|---|
| 토의<br>구분하기 | • 우리가 눈으로 물체를 보는 과정을 학생이 스스로 표현하게 해 보고, 서로 다른 각자의 의견을 토의로 평가한다.<br>• 시각 세포 중 원뿔 세포와 막대 세포의 기능을 구분하여 설명할 수 있는지 평가한다. | 62～65 | 100～103 |
| 실험<br>자료 해석 | • 빛의 3원색을 이용하여 빛을 합성하고, 각각의 빛을 분광기로 본 스펙트럼을 해석할 수 있는지 평가한다.<br>• 영상 장치와 점묘화 등에 빛의 합성이 어떻게 이용되는지 발표 형식으로 평가한다. | 66～73 | 104～111 |
| 자료 해석<br>토의 | • 레이저 빛이 나아가는 길을 통해 광선의 개념을 설명할 수 있는지 평가한다.<br>• 거울과 렌즈가 만드는 상의 특징을 비교할 수 있는지, 평면 거울과 볼록 렌즈에서 상이 만들어지는 원리를 설명할 수 있는지 평가한다. | 74～85 | 112～123 |
| 관찰<br>토의 | • 파동은 진동하는 한 입자가 주위의 입자들을 밀고 당기면서 에너지를 전달하는 과정임을 여러 가지 방법으로 표현할 수 있는지 평가한다.<br>• 파동을 매질의 위치에 따라, 시간에 따라 표시할 수 있는지 평가한다. | 88～95 | 124～131 |
| 실험<br>관찰 | • 물결파의 모양을 보고 파동의 진행, 반사, 굴절을 해석할 수 있는지 평가한다.<br>• 파동이 반사할 때 입사각과 반사각이 같음을 알고, 굴절할 때 입사각이 커짐에 따라 굴절각도 커지는 것을 설명할 수 있는지 실험을 통해 평가한다. | 96～101 | 132～137 |
| 실험<br>자료 해석 | • 소리가 매질의 진동을 통해 나아가는 것을 설명할 수 있는지 평가한다.<br>• 여러 가지 악기 소리의 특성을 음파의 파형을 보고 해석할 수 있는지 평가한다.<br>• 우리 생활 속에서 빛과 파동을 이용한 예를 들고, 이용 원리를 설명할 수 있는지 평가한다. | 102～111 | 138～147 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 112～115 | 148～151 |

# 1-1 물체를 보는 원리

## | 학습 내용 안내 |

(1) 물체를 보는 원리를 설명한다.

(2) 광원의 정의와 여러 가지 광원의 종류를 설명한다.

(3) 물체를 보는 과정에서 막대 세포와 원뿔 세포의 기능을 구분하여 설명한다.

## | 학습 전개 |

물체를 보는 원리에 대하여 질문하고 학생들이 가지고 있는 여러 가지 잘못된 개념을 예시로 설명한다.

↓

물체를 보는 원리를 간단하게 그림으로 그리고 글로 써 보게 한다.

↓

광원의 개념을 설명하고, 광원에서 나온 빛이 물체에 닿으면 사방으로 반사하는 과정을 설명하게 한다.

↓

막대 세포와 원뿔 세포를 통해 물체를 인식하는 과정을 이해하도록 지도한다.



# 1-1 물체를 보는 원리



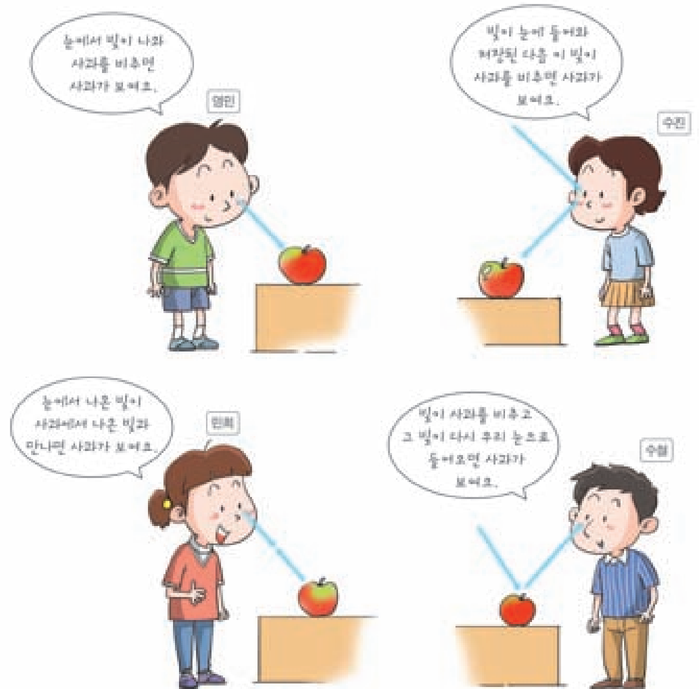
**학습 목표**

- 물체를 보는 원리를 설명할 수 있다.

우리는 눈을 뜨면 여러 가지 물체를 볼 수 있고, 눈을 감으면 더 이상 물체를 볼 수 없게 된다. 사람이 받아들이는 정보 중에는 청각이나 촉각 등 다른 감각에 의한 정보보다 시각 정보가 훨씬 많다.

우리가 물체를 보는 것은 어떤 과정을 통해 이루어지는지 다음 네 사람의 의견을 통해 알아보자.

사과를 보는 과정을 설명한 네 사람 중 누구의 말이 옳을까?






**효과적인 수업을 위한 Tip**

❀ **학생들이 가지는 오개념 바로잡기**

(1) **영민** 눈을 뜨면 눈에서 빛(눈빛)이 나와서 물체를 본다는 생각을 가지고 있을 수 있다. 이 경우 불이 꺼진 캄캄한 방에서도 사람의 눈에서 빛이 나와 물체를 볼 수 있는지 물어보고 학생의 생각을 바로잡을 수 있다.

(2) **수진** 빛이 눈에 들어온 다음 이 빛이 다시 물체를 비추어 물체를 본다는 생각을 가지고 있을 수 있다. 이 경우 사람의 눈에만 빛을 비추고 물체에는 빛을 비추지 않아도 물체를 볼 수 있는지 물어보고 학생의 생각을 바로잡을 수 있다.

(3) **민희** 눈에서 나오는 빛과 물체에서 반사된 빛이 만날 때 물체를 볼 수 있다고 생각할 수 있다. 이 경우에도 사람의 눈에만 빛을 비추고 물체가 있는 주위에는 빛을 비추지 않았을 때 사람의 눈에서 나온 빛에 의해 주위가 밝게 보이는지를 물어보고 학생의 생각을 바로잡을 수 있다. 사람의 눈에서는 빛이 나오지 않으므로 주위가 밝게 보이지 않는다.

(4) **수철** 광원에서 나온 빛이 물체를 비추고 물체에서 반사된 빛이 우리 눈으로 들어올 때 물체를 볼 수 있다는 설명이 과학적으로 옳은 생각이다.

**찾아보기**

- 물리의 이해(경상대학교 물리학과) http://physica.gnu.ac.kr
- 빛이란 무엇인가?: Newton Highlight Series(2009), 강금희 역, (주)뉴턴코리아
- 빛 이야기(2003), 김학수, 부산대학교 출판부
- 색채 공학(2003), Noboru Ohta 저, 최석진 외 역, 도서 출판 국제
- 현대 물리학: University Physics Vol. 3(2009), Young, H. D. 저, 김용은 역, 청문각
- Matter & Interactions I(2011), Chabay Ruth 외 저, Jonh Wiley & Sons

빛이 없는 어둠 속에서는 물체를 볼 수 없다. 따라서 물체를 보기 위해서는 빛이 있어야 한다. 즉, 물체가 스스로 빛을 내거나 빛이 물체를 비추어 주면 물체를 볼 수 있다. 이때 스스로 빛을 내는 물체를 **광원**이라고 한다. 광원에는 태양, 전등, 촛불 등이 있다.

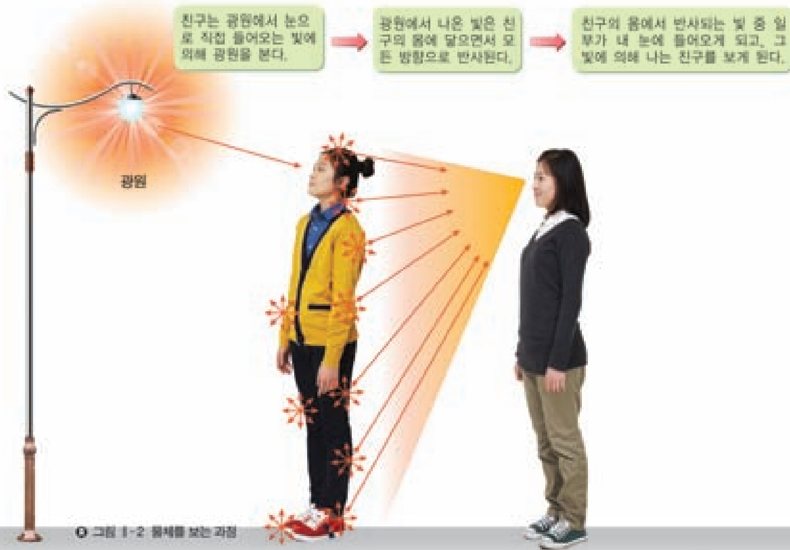
❶ 그림 Ⅰ-1 다양한 광원




광원에서 나온 빛이 눈에 직접 들어오면 우리는 광원을 보게 된다. 또 광원에서 나온 빛이 물체에 닿으면 이 빛은 물체에서 반사되어 모든 방향으로 나아가는데 그 반사된 빛이 눈에 들어오면 우리는 물체를 보게 된다.

**빛의 반사** 물체를 비춘 빛이 물체의 표면에 닿아서 되돌아 나가는 현상이다.

스스로 빛을 내는 물체를 무엇이라고 하는가?

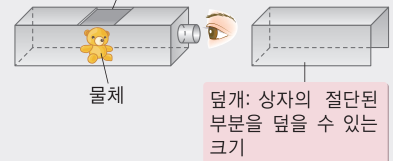



❷ 그림 Ⅰ-2 물체를 보는 과정



**이런 실험도 가능해요!** 어둠상자를 통해 물체를 보는 원리 알아보기

(1) 그림과 같이 눈으로 안을 들여다볼 수 있는 어둠상자와 덮개를 만든다.




(2) 상자 안에 조그마한 물체를 넣고 덮개로 상자를 덮은 다음, 상자 안에 어떤 물체가 있는지 말해 보게 한다. 물체를 볼 수 없다면 그 이유를 설명하게 한다.

(3) 상자 안에 들어 있는 물체가 무엇인지 확인할 수 있는 방법을 생각하여 말해 보게 하고 직접 해 보게 한다.

이 과정을 통해 빛이 있어야 물체를 볼 수 있다는 생각을 자연스럽게 할 수 있도록 지도한다.

**잠깐 체크**

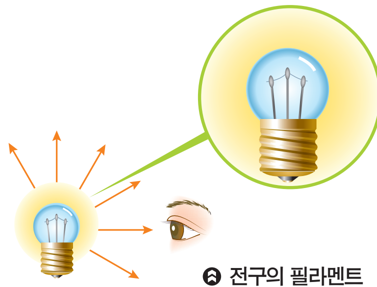
스스로 빛을 내는 물체를 광원이라고 한다.

## 학습 자료실

### ❀ 물체를 보는 원리의 상세 과정

(1) **광원(light source)** 빛을 내는 물체를 광원이라고 한다. 보통은 전등, 태양, 항성, 번개, 형광등, 촛불, 반딧불이 등 스스로 빛을 내는 물체나 생물을 말한다.

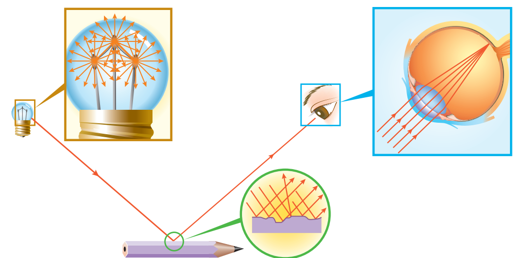
(2) **빛을 내는 물체를 보는 원리** 불이 켜진 전구에서 나온 빛은 사방으로 퍼져 나간다. 그중 일부가 우리 눈에 들어오면 전구가 내는 빛을 보게 된다. 전구 내부를 좀 더 자세히 보면 빛이 나는 필라멘트의 각 점들이 작은 점광원과 같은 역할을 하는 것을 알 수 있다.



❷ 전구의 필라멘트

(3) **빛을 내지 않는 물체를 보는 원리** 물체에 닿은 빛은 사방으로 반사되어 나아간다. 이때 물체는 사방으로 빛을 반사하는 점들의 집합으로 볼 수 있다.

아래 그림과 같이 광원에서 나온 빛이 물체를 비추면 이 빛은 물체에서 사방으로 반사되고, 그 빛 중 일부가 눈으로 들어온다. 눈으로 들어온 빛은 수정체를 통해 망막에 맺히게 된다. 이렇게 맺힌 정보가 시각 세포에 전달되면 우리는 물체를 보게 된다.



❸ 물체를 보는 원리

## 효과적인 수업을 위한 Tip

눈으로 물체를 보는 과정은 '빛 → 눈 → 시각 세포 → 시신경 → 뇌' 의 과정으로 간단하게 설명한다. 이때 시각 세포에서는 빛 신호가 전기 신호로 바뀌어 시각 신경을 따라 전달된다는 것을 설명한다.

## 잠깐 체크

시각 세포에는 색을 구별하는 원뿔 세포와 명암을 구별하는 막대 세포 두 가지가 있다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

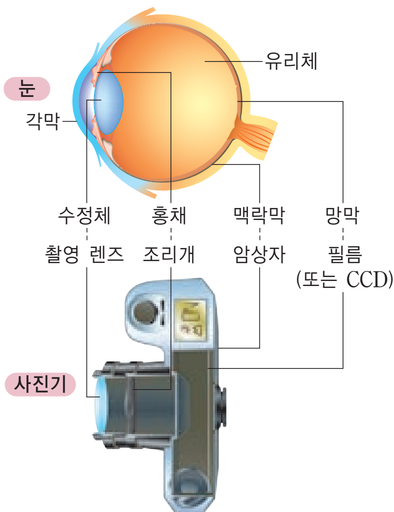
물체에서 반사된 빛이 눈에 들어온다. 이 빛은 시각 세포에 의해 전기 신호로 바뀌고 신경을 통해 뇌까지 전달된다. 뇌가 그 신호를 판단하면 물체를 인식하게 된다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

두더지는 눈으로 물체를 볼 수 없으며, 빛을 비추어도 반응하지 않는다. 그러나 후각, 촉각, 청각은 매우 발달되어 있어 먹이를 찾는 것은 거의 후각에 의지한다.

▶ **과학과 생활 연관 짓기**

사람의 눈으로 물체를 보는 원리를 이용하여 만든 기기들에는 사진기, 비디오카메라, 디지털카메라 등이 있다.

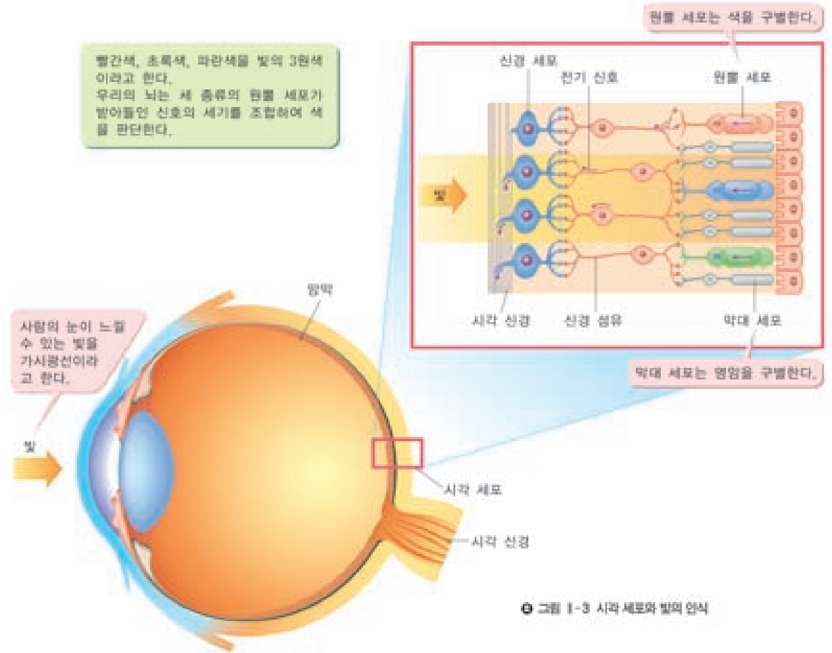



❷ 사람의 눈과 사진기의 구조 비교

더 자세히
어두운 곳에서는 막대 세포가 빛을 감지하고, 비교적 밝은 곳에서는 원뿔 세포가 빛을 감지한다.

우리가 물체를 보고 인식할 수 있는 것은 물체에서 반사되어 눈으로 들어온 빛을 망막에 있는 시각 세포가 감지하기 때문이다. 시각 세포에는 **원뿔 세포**와 **막대 세포**가 있는데, 눈으로 들어온 빛이 시각 세포에 닿으면 전기 신호가 만들어진다. 이 전기 신호가 시각 신경을 따라 뇌로 전달되면 우리는 물체를 인식하게 된다.

잠깐 체크 시각 세포의 종류에는 무엇이 있는가?




❶ 그림 Ⅰ-3 시각 세포와 빛의 인식

| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 생활 연관 찾기 |
|---|---|---|---|
| | 물체를 보는 과정을 설명해 보자. | 빛이 없는 땅속에서 생활하는 두더지는 어떻게 물체를 인식하는지 조사해 보자. | 사람의 눈으로 물체를 보는 원리를 이용하여 만든 기기를 우리 주변에서 찾아보자. |

64 Ⅰ. 빛과 파동

## 학습 자료실

### ❀ 사물을 보는 과정

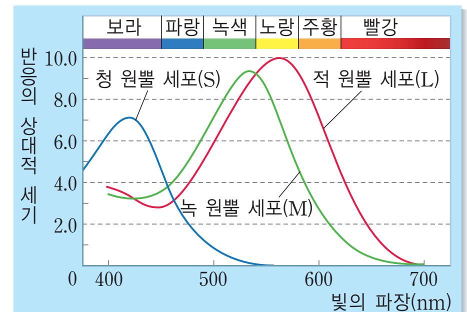
**(1) 눈에서는 빛 신호를 전기 신호로 바꾼다.**

① **막대 세포의 역할:** 비교적 어두운 곳에서 빛을 받아들여 전기 신호를 만든다. 이 신호가 뇌에 전달되어 물체의 밝고 어두운 정도를 감지하게 된다.

② **원뿔 세포의 역할 :** 비교적 밝은 곳에서 빛을 받아들여 전기 신호를 만든다. 이 신호가 뇌에 전달되어 물체의 색을 감지하게 된다.

원뿔 세포는 L, M, S 세 종류의 세포로 색깔을 구별하는데 L은 긴 파장 영역 (560 nm~580 nm), M은 중간 파장 영역 (530 nm~545 nm), S는 짧은 파장 영역 (420 nm~440 nm)에 민감하게 반응한다. 또 그 수의 비율은 대략 다음과 같다.

L : M : S=32 : 16 : 1

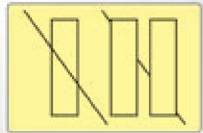



❷ 원뿔 세포의 종류와 분광 감도(빛에 반응하는 감도)

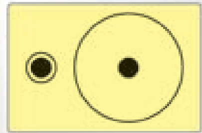
# 보이는 것이 모두 진실은 아니야!

STEAM 융합

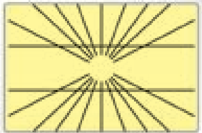
과학에서는 관찰을 통한 현상의 분석이 매우 중요하다. 이러한 관찰의 대부분은 눈을 통한 시각 정보로 이루어지는데, 착시 현상은 눈으로 직접 관찰한 현상이 사실이 아닐 수도 있음을 보여 준다. 그림과 같이 착시는 특정한 조건에서 정상적인 눈으로 보는 모습이 실제 모습과 다르게 보이는 현상을 말한다.



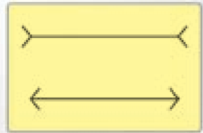
직사각형에 가려진 선이 휘어 보이지만, 실제로 연결해 보면 일직선이다.



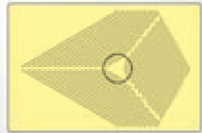
원 안의 두 점은 왼쪽의 점이 크게 보이지만, 실제로 같은 크기의 점이다.



수평선이 휘어 보이지만, 실제로 서로 평행한 일직선이다.



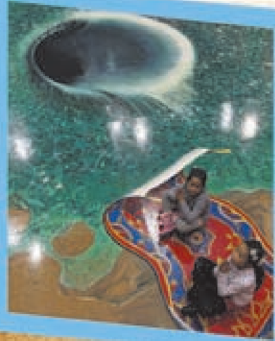
수평선의 길이가 다르게 보이지만, 실제로 두 수평선의 길이는 같다.

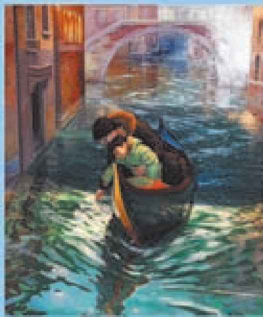


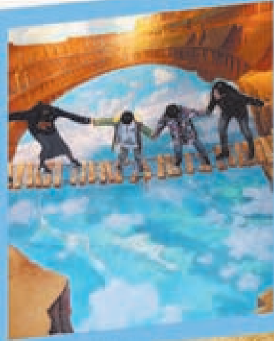
원이 찌그러져 보이지만, 실제로 찌그러져 있지 않다.

## 트릭 아트

트릭 아트는 색의 명도나 거리에 따른 착시 현상을 이용하여 보는 사람의 눈을 속이는 미술 작품을 말한다. 트릭 아트 전시회에 가면 사람이 마치 그림 속에 있는 것과 같은 착각을 일으키는 재미있고 다양한 그림을 볼 수 있다.







1. 빛 65

③ **시각 세포의 수**: 사람 눈에는 막대 세포(rod)가 약 1억 개, 원뿔 세포(cone)가 약 700만 개 존재한다.

(2) **시각 세포에서 시신경을 따라 신호가 뇌로 전달된다.**

빛 신호는 막대 세포와 원뿔 세포를 통해 전기 신호로 바뀌어 망막 안의 쌍극 세포로 전해지고, 쌍극 세포에서 망막과 뇌를 잇는 신경절 세포로 전해진다. 마지막으로 이 전기 신호는 뇌로 전달된다. 뇌에서는 신호의 정보가 기울기, 가장자리, 밝기, 깊이, 움직임, 질감 등의 특징에 따라 나뉘어 처리되고 사람은 사물을 인식할 수 있게 된다.

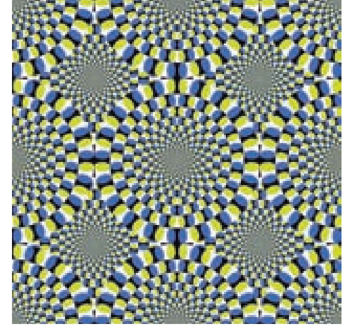
(3) **명암의 변화와 시각 세포의 기능**

① **명순응**: 어두운 곳에서 밝은 곳으로 갑자기 나오면 처음에는 눈이 부셔서 잘 볼 수 없지만, 시간이 흐르면서 잘 보이게 된다. 이것을 명순응이라고 한다. 명순응은 어두운 곳에서 활성화되어 있던 막대 세포가 빛을 받아들이는 감도를 낮추어 갑작스러운 환경의 변화에 적응하는 과정이다.

② **암순응**: 밝은 곳에서 어두운 곳으로 갑자기 들어가면 처음에는 아무것도 볼 수 없지만 서서히 주위의 모습이 보인다. 이것을 암순응이라고 한다. 암순응은 막대 세포의 감도를 높이는 과정으로, 막대 세포가 활성화되면 어두운 곳에서도 물체를 잘 볼 수 있다.

**참고 자료** 착시의 또 다른 예

(1) **움직이는 점들** 아래 그림을 가만히 응시하면 움직이는 것처럼 보인다.



(2) **비행 착각** 비행 착각은 비행기가 가속 운동을 할 때 조종사가 평형 감각을 상실하면서 경험하는 착각 현상으로, 버티고(vertigo, 현기증)라고도 한다.

비행 착각의 대표적인 예로는 바다 위를 비행할 때 자신과 비행기의 상태를 착각하여 바다를 하늘로 생각하고 거꾸로 날아가는 현상이 있다. 또 같은 고도에서 회전할 때 속도를 높이면 비행기가 상승하는 것처럼 느끼고 속도를 낮추면 비행기가 하강하는 것처럼 느끼는 현상 등이 있다.

비행 착각 때문에 높은 중력 상태에서 수평 감각을 잃은 조종사는 바다를 향해 비행기를 몰기도 하고, 한쪽으로 기울어진 비행 상태를 똑바로 날고 있다고 착각하여 중력 방향으로 떨어지기도 한다.

바다 위를 비행할 때에는 육상 위를 비행할 때와는 달리 비행기의 위치를 참고할 수 있는 지형지물 등이 없기 때문에 비행 착각이 일어나기 쉽다. 또 야간 비행 시에는 밤하늘의 별빛과 해상의 선박 불빛이 동일하게 보이는 비행 착각이 발생하기 쉽다.

# 1-2 빛의 합성

## 학습 내용 안내

(1) 빛의 3원색으로 다양한 색의 빛을 합성하고 설명한다.
(2) 영상 장치에 활용되는 빛의 합성 원리를 설명한다.

## 학습 전개

컴퓨터로 만든 빛의 3원색을 이용하여 빛의 합성 과정을 실험하게 한다.



백색광의 구조와 여러 가지 물체의 색을 인식하는 원리를 이해하게 한다.



영상 장치가 색을 만드는 원리를 간단한 활동을 통해 설명하고 이해하게 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

**빛과 색**

빛은 존재하는 그 본질이며, 색은 사람이 인식한 결과이다. 예를 들어, 백열등 빛은 볼그레한 노란색으로 보이지만 실제로 백열등 빛에는 눈에 보이는 가시광선 영역의 색과 눈에 보이지 않는 자외선 및 적외선 영역의 빛도 포함되어 있다. 이 총체적인 빛을 사람은 '볼그레한 노란색'으로 인식하는 것이다.

### 찾아보기

- 연구 마루 http://maru.nrf.re.kr
- 한양대학교 물리학과 http://hepth.hanyang.ac.kr
- 빛 이야기(2003), 김학수, 부산대학교 출판부
- 물리학(2005), Eugene Hecht 저, 물리교재 편찬 위원회 역, 청문각
- Matter & Interactions I(2011), Chabay Ruth 외 저, Jonh Wiley & Sons

I. 빛과 파동

# 1-2 빛의 합성

**학습 목표**

- 빛의 3원색으로 다양한 색의 빛을 합성할 수 있다.
- 다양한 영상 장치가 색을 만드는 원리를 설명할 수 있다.

음악회, 연극, 뮤지컬 등의 공연에서 우리는 무대 조명이 바뀔 때마다 다양한 느낌을 받는다. 이처럼 관객이 다양한 느낌을 받을 수 있도록 무대를 설계하고 디자인하는 사람을 무대 디자이너라고 한다.

무대 디자이너는 공연의 느낌을 살리기 위해 장면에 따라 적절한 빛과 소리를 연출한다. 예를 들면, 장면에 따라 무대 위의 소품들이 각각 다른 느낌을 갖도록 하기 위해 그 분위기에 맞는 색의 조명을 적절한 세기로 비출 수 있게 설계한다. 따라서 무대의 천장과 바닥에는 다양한 색과 세기의 수많은 조명들이 설치된다.

이러한 조명들은 한 가지 색의 조명으로 세기를 조절하여 비추기도 하고 여러 가지 색의 조명들을 합쳐서 비추기도 한다. 이를 통해 관객은 공연자나 소품 등을 볼 때 훨씬 다양한 색으로 보게 되는 것이다.

무대 위의 조명처럼 서로 다른 색의 빛을 한 곳에 비추었을 때 나타나는 현상에 대하여 자세히 알아보자.

66 I. 빛과 파동

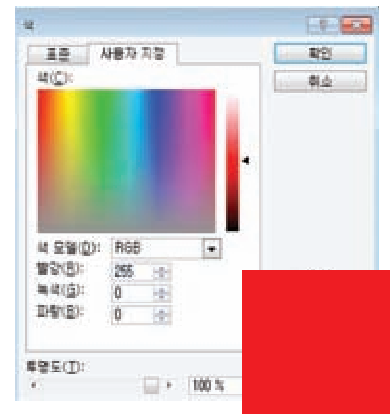



### 컴퓨터로 빛의 3원색을 만드는 방법

(1) 컴퓨터의 그래픽 프로그램 또는 문서 프로그램(그림판, 파워 포인트, 포토샵 등)을 이용한다.

(2) 예를 들어 '파워 포인트' 프로그램으로 색을 만든다면 사각형 도형을 하나 그린 다음, '도형 서식'의 '채우기'를 선택한다.

(3) 만약 빨간색을 만들려고 한다면 그림과 같은 '색 박스'의 빨강 칸에 255, 녹색 칸에 0, 파랑 칸에 0을 입력하면 된다. 이 수치를 조절하여 초록색과 파란색의 도형도 만들 수 있다.




❸ 파워 포인트의 색 박스(빨간색)

(4) 빛의 세기는 각각의 숫자로 조절할 수 있다. 예를 들어 빨강 칸에 200을 입력하면 255를 입력한 것보다 빛의 세기가 약하다.

## 탐구 활동 빛의 합성

실험(동영상)

**목표**

빛의 3원색으로 여러 가지 빛을 합성할 수 있다.

**준비물**

프로젝터, 노트북, 평면 거울 (20 × 20 cm, 3개)

**유의점**

평면 거울의 표면을 깨끗이 닦은 다음 빛을 비춘다.

**과정**

❶ 컴퓨터를 이용하여 빨간색, 초록색, 파란색의 화면을 만든다.

❷ 컴퓨터를 프로젝터에 연결한 다음 과정 ❶에서 만든 화면을 스크린에 비춘다.

❸ 3명의 학생이 거울을 하나씩 들고 각각 스크린의 빨간색, 초록색, 파란색 앞에 선다.

❹ 거울에서 반사한 빛을 흰색 벽면에 겹치게 한 후 색을 관찰한다.

**결과 및 해석** 창의 · 인성

1 과정 ❹에서 두 가지 또는 세 가지의 색을 겹친 곳은 각각 어떤 색으로 보이는지 아래 표에 써 보자.

| 빨간색 + 초록색 | 초록색 + 파란색 | 파란색 + 빨간색 | 빨간색 + 초록색 + 파란색 |
|---|---|---|---|
| | | | |

2 과정 ❷에서 빨간색 빛의 세기를 점점 약하게 비추면 과정 ❹에서 겹친 부분의 색은 어떻게 변할지 생각해 보자.

**탐구의 확장** 간이 분광기를 통한 빛의 합성 관찰

과정 탐구의 과정 ❶과 ❷에서 빨간색, 파란색, 자홍색의 빛을 만들어 흰색 벽면에 비추고 간이 분광기를 이용하여 이 빛들을 차례대로 관찰해 보자.

해석 1. 빨간색, 파란색, 자홍색의 빛을 분광기로 보면 어떤 스펙트럼이 나타날까?

2. 노란색과 청록색의 빛을 분광기로 보면 어떤 스펙트럼이 나타날까?

1. 빛 67

## 탐구 활동

실험(동영상)

### | 목표 |

빛의 3원색으로 여러 가지 빛을 합성할 수 있다.

### | 원리 설명 |

1 거울을 이용하여 빨간색, 초록색, 파란색의 빛을 한곳에 비추어 합성된 색을 관찰한다.

2 빨간색, 초록색, 파란색의 빛을 세기가 다르게 한곳에 비추면 여러 가지 합성된 색의 빛을 관찰할 수 있다.

3 빨간색, 초록색, 파란색의 빛을 모두 합성하면 흰색이 되는데, 이것은 햇빛과 비슷한 스펙트럼을 나타낸다.

### | 유의점 |

1 거울 표면을 깨끗이 닦고 빛을 비춘다.

2 거울이 깨지지 않도록 안전에 유의하여 지도한다.

3 실험실을 어둡게 만들어 빛이 잘 보이도록 한다.

### | 결과 및 해석 |

1 두 가지 색깔의 빛이 우리 눈에 들어오면 하나의 색으로 인식하므로 겹친 부분의 색깔은 다음 표와 같다.

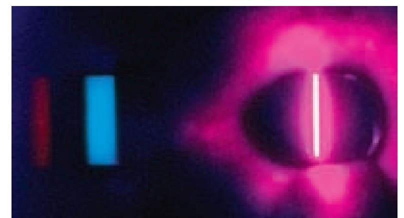
| 빨간색 + 초록색 | 초록색 + 파란색 | 파란색 + 빨간색 | 빨간색 + 초록색 + 파란색 |
|---|---|---|---|
| 노란색 | 청록색 | 자홍색 | 흰색 |

2 과정 ❷에서 빨간색 빛의 세기를 약하게 비추면 빨간색이 점점 옅어진다. 예를 들어, 빨간색과 초록색이 겹친 부분에는 빨간색이 점점 옅어지다가 결국에는 초록색으로 보이게 된다.

## 탐구의 확장

1 빨간색과 파란색 빛을 분광기로 보면 분광기에 한 줄의 스펙트럼이 나타나고, 이때 스펙트럼의 색은 각각 빨간색과 파란색이다.

자홍색 빛을 분광기로 보면 분광기에는 빨간색과 파란색으로 두 줄의 스펙트럼이 나타난다. 이것을 통해 자홍색 빛은 빨간색과 파란색 빛이 합성되어 있다는 것을 알 수 있다.



❻ 간이 분광기로 본 자홍색 빛의 모습

2 노란색 빛을 분광기로 보면 빨간색과 초록색의 스펙트럼이 생기고, 청록색의 빛을 분광기로 보면 초록색과 파란색의 스펙트럼이 생긴다. 이것을 통해 노란색과 청록색이 각각 어떤 빛으로 합성되어 있는지 알 수 있다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

왜 간이 분광기인가?

간이 분광기를 이용하면 빛의 스펙트럼을 볼 수 있다. 이 스펙트럼을 관찰하면 빛의 합성을 직관적으로 이해할 수 있다.

## 관련 지식

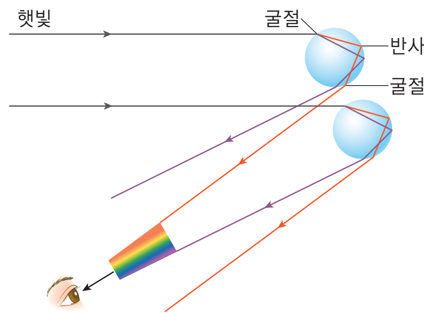
### ❀ 무지개

무지개가 생기는 원리는 빛이 프리즘에 의해 분산되는 것과 같다.

공기 중을 진행하던 햇빛이 물방울에 입사되면 굴절 → 반사 → 굴절을 통해 우리의 눈으로 들어오게 된다.

햇빛이 공기 중에서 물방울로 입사할 때 여러 가지 색의 빛으로 나뉘고, 물방울 내부에서 반사된 다음, 물방울에서 공기 중으로 나올 때 한 번 더 분산된다.

이때 빨간빛과 보랏빛의 진행 경로에 차이가 나게 되어 하나의 물방울에서 나오는 빨간빛과 보랏빛은 우리 눈에 함께 들어오지 않는다. 따라서 우리가 보는 무지개의 빨간빛과 보랏빛은 서로 다른 물방울에서 분산되어 나오는 빛이다.

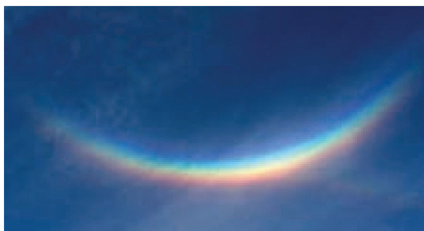



❸ 무지개가 생기는 과정

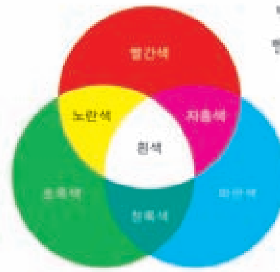
### ❀ 무지개의 모양

무지개는 자연이 만들어 내는 현상으로, 우리가 항상 보는 둥근 반원 형태만이 전부는 아니다. 물방울 안에서 두 번 반사되어 나타나는 쌍무지개도 있고, 비행기를 타고 상공에서 무지개를 본다면 둥근 원 형태의 무지개도 볼 수 있다.

또 거꾸로 뜬 무지개는 우리가 일반적으로 보는 무지개가 거꾸로 뜬 것처럼 아래쪽이 둥근 활 모양으로, 빨간색이 아래쪽에 보라색이 위쪽에 있다.



❸ 거꾸로 뜬 무지개




❸ 그림 Ⅰ-4 빛의 합성

빨간색과 파란색 빛을 겹치면 자홍색으로 보인다. 자홍색 빛을 분광기로 보면 빨간색 빛을 분광기로 보았을 때 보이는 색띠와 파란색 빛을 분광기로 보았을 때 보이는 색띠가 함께 보인다. 이와 같이 두 가지 이상의 색의 빛을 겹쳐 새로운 한 가지 색으로 보이게 하는 것을 **빛의 합성**이라고 한다.

노란색 빛은 빨간색과 초록색 빛을, 청록색 빛은 파란색과 초록색 빛을, 자홍색 빛은 빨간색과 파란색 빛을 합성하여 만들 수 있다.

빨간색, 초록색, 파란색의 빛의 세기를 적절히 조절하여 합성하면 모든 색의 빛을 만들 수 있다. 따라서 빨간색, 초록색, 파란색을 빛의 3원색이라고 한다.



스펙트럼 빛을 이루는 색의 띠

아래 그림은 여러 가지 색의 빛을 분광기로 보았을 때 관찰되는 스펙트럼이다. 이 스펙트럼들을 관찰하면 두 가지 색의 빛을 합성하여 한 가지 색의 빛을 얻을 수 있음을 알 수 있다.



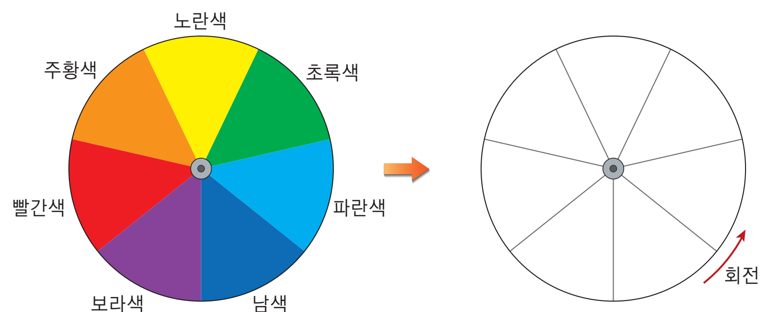
❸ 그림 Ⅰ-5 여러 가지 색의 빛을 분광기로 보았을 때 나타나는 스펙트럼

68 Ⅰ. 빛과 파동

## 과학 돋보기

### ❀ 색 팽이를 이용한 빛의 합성

색 팽이를 빠르게 돌리면 각각의 색으로 보이지 않고 마치 빛이 합성되는 것과 같이 흰색으로 보인다. 그 이유는 각 색에서 반사된 빛이 모두 눈으로 들어오기 때문이다.




이 경우 실제로는 약간 붉은 빛을 띠는 흰색으로 보이는데, 그 이유는 사람 눈의 원뿔 세포 중 빨간색에 민감하게 반응하는 세포의 분포 비율이 가장 높기 때문이다.

햇빛을 프리즘에 통과시켜 나타나는 색의 띠를 관찰해 보면 흰색 빛을 분광기로 보았을 때 관찰한 스펙트럼과 비슷하게 나타난다. 이것은 햇빛 역시 여러 가지 색의 빛이 합성되어 있다는 것을 의미한다. 따라서 햇빛을 **백색광**이라고도 한다.

그러면 일상생활에서 보는 물체들의 색은 어떻게 나타나는 것일까?



⊙ 그림 Ⅱ-6 백색광의 구조

우리가 물체를 본다는 것은 광원에서 나온 빛이 물체에서 반사되는 빛을 보는 것이다. 예를 들어, 햇빛이 바나나를 비추면 햇빛에 포함된 여러 가지 색의 빛 중 빨간색과 초록색의 빛은 바나나에서 반사되고 나머지 빛은 바나나에 흡수된다. 이때 눈으로 들어온 빨간색과 초록색 빛에 의해 사람은 바나나가 노란색이라고 인식하게 된다. 이러한 방식으로 사람은 자연계의 다양한 색을 볼 수 있다.

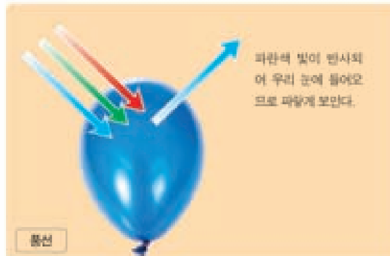
스스로 해결하기
아래 문장 중 틀린 곳에 밑줄을 긋고, 알맞게 고쳐 보자.
빨간색 사과는 빨간색 빛이 흡수되어 우리 눈에 들어오므로 빨갛게 보인다.

잠깐 체크 햇빛을 백색광이라고도 하는 이유는 무엇인가?













⊙ 그림 Ⅱ-7 다양한 색의 인식

1. 빛 69

**잠깐 체크**

햇빛을 분광기로 보면 흰색 빛을 분광기로 보았을 때 나타나는 스펙트럼과 비슷하게 나타나기 때문에 햇빛을 백색광이라고도 한다.

**스스로 해결하기**

빨간색 사과는 빨간색 빛이 흡수되어 우리 눈에 들어오므로 빨갛게 보인다.

답 흡수 → 반사

## | 용어 설명 |

**백색광** 백색광은 눈으로 볼 수 있는 모든 색의 빛을 포함하고 있다. 하지만 실제로 백색광은 아무런 색도 띠지 않는 것처럼 보인다.

**백색 소음** 백색 소음은 가청 주파수의 모든 소리들을 포함하는 소리를 말한다. 백색 소음은 어떤 특정한 소리로 들리지 않기 때문에 주변의 소음을 들리지 않게 하는 역할을 하기도 한다. 이를 이용해 백색 소음은 이명을 치료하는 데 쓰이기도 한다.

### ❀ 빛 실험용 광원 장치를 이용한 빛의 합성

빛 실험용 광원 장치로 빨간색과 초록색, 초록색과 파란색, 파란색과 빨간색 빛을 각각 스크린에 겹치게 비추면 두 가지 색이 합성된 노란색, 청록색, 자홍색으로 보이는 것을 관찰할 수 있다. 또한 빨간색, 초록색, 파란색의 빛을 동시에 스크린에 비추고 스크린에 나타나는 색을 관찰해 보면 흰색으로 보이는 것을 관찰할 수 있다.


⊙ 빛 실험용 광원 장치

빛의 3원색을 동시에 스크린에 비추고 각 빛의 세기를 적절히 조절하면 여러 가지 다양한 색을 만들 수 있다. 빛의 3원색만으로도 여러 가지 색을 만들 수 있는 이유는 사람의 원뿔 세포가 이 세 가지 빛에 가장 예민하게 반응하는 세 종류로 이루어져 있기 때문이다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

백색광인 햇빛을 간이 분광기로 보면 백색광을 이루고 있는 빛의 분광 분포를 볼 수 있다. 이를 통해 햇빛은 가시광선 영역의 모든 색(파장)의 빛을 포함하고 있는 연속 스펙트럼으로 나타난다는 것을 알 수 있다.

## 과학 자료실

### ❀ 빛의 분산

하늘에 뜬 무지개를 볼 기회는 많지 않지만 물이 뿜어져 나오는 분수대에 생기는 무지개나 비눗방울에 비치는 무지개는 자주 볼 수 있다.

햇빛이 무지개와 같은 여러 가지 색을 만드는 것은 햇빛을 프리즘에 통과시켜 보면 알 수 있다.

햇빛을 프리즘에 통과시키면 여러 가지 색깔의 빛으로 나뉜다. 빛이 여러 가지 색깔로 나누어지는 현상을 빛의 분산이라고 한다. 이때 빛이 분산되어 생긴 색띠를 스펙트럼이라고 한다. 햇빛이 분산되는 것을 통해 햇빛은 색깔이 다른 여러 가지 빛이 합쳐져 이루어진 것임을 알 수 있다.

**돋보기 루페**
볼록 렌즈를 이용하여 물체의 특정 부분을 확대하여 자세하게 볼 수 있는 기구이다.



## 영상 장치가 색을 만드는 원리

우리는 주변에서 다양한 색을 표현하여 화려한 장면을 만드는 휴대 전화의 화면이나 LCD(액정 디스플레이) 텔레비전, 컴퓨터 화면, 대형 전광판 등의 영상 장치들을 쉽게 볼 수 있다. 이러한 영상 장치들은 어떻게 여러 가지 색을 만드는지 알아보자.

**해 보기** 컴퓨터 화면은 어떻게 다양한 색을 만들까? 실험

**|과정|**

돋보기나 루페를 이용하여 컴퓨터 화면의 어느 한 부분을 확대하여 관찰해 보자. 또한 다른 색깔로 보이는 부분으로 옮겨 가면서 관찰한 내용을 비교해 보자.



**|해석|**

1 확대했을 때 무엇이 관찰되는가?

2 색이 다른 부분을 확대하면 어떻게 보이는가?

3 컴퓨터 화면에 나타나는 여러 가지 색이 만들어지는 원리를 설명해 보자.

**더 자세히**
영상 장치의 종류에 따라 화소들의 모양과 크기는 각각 다르다.

컴퓨터 화면은 빛의 3원색을 이용하여 여러 가지 색을 만든다. 화면은 화소라는 작은 부분이 모여 이루어져 있는데, 각 화소는 빨간색, 초록색, 파란색인 빛의 3원색으로 구성된다. 즉, 컴퓨터 화면의 다양한 색은 각 부분에서 빛의 3원색의 비율이 적절히 조절되어 나타난다.

**과학 자료실** 화소 창의 · 인성

컴퓨터나 텔레비전, 휴대 전화 등에서 화면을 확대해 보면 빨간색, 초록색, 파란색의 작은 점들이 규칙적으로 배열되어 있는 것을 볼 수 있다. 이처럼 화면의 그림을 이루는 가장 작은 단위를 화소라고 한다. 화소는 영어로 픽셀(pixel)이라고 하는데, 픽셀은 그림(picture)과 원소(element)라는 두 단어를 합성한 용어이다.

화소의 수가 많을수록 해상도가 높은 영상을 얻을 수가 있다. 즉, 같은 면적 안에 화소가 더 조밀하게 많이 들어 있을수록 그림이 더 선명하고 정교하게 보인다.

컴퓨터 모니터의 해상도가 1,280×960이라는 것은 무슨 뜻일까?

70 I. 빛과 파동

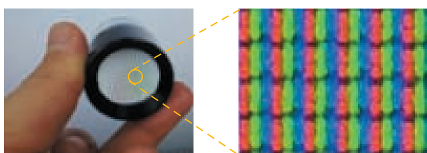
**해 보기** 실험

**|해석|**

1 확대했을 때 사각형 모양의 화소들이 나타난다.

2 색이 다른 부분을 확대해 보면 불이 켜진 세 가지 화소의 비율이 다르다.

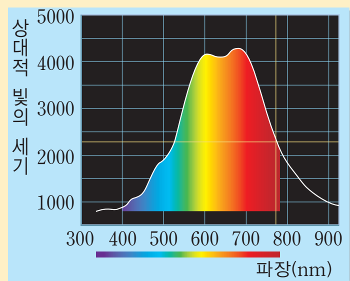
3 화면이 노랗게 보이는 부분을 확대하면 화소의 빨간색과 초록색 부분이 켜져 있고, 파란색으로 보이는 부분을 확대하면 화소의 파란색 부분만 켜져 있다. 이와 같은 원리로 다양한 색의 영상이 영상 장치의 화면에 나타난다.



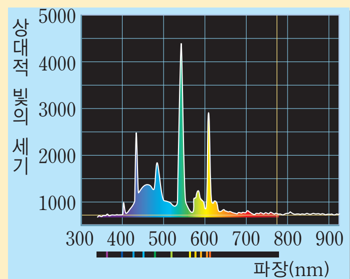
▲ 루페로 본 흰색 화면

### 심화 학습 분광 분포

아래 그림은 백열등과 형광등의 파장별 빛의 세기를 나타낸 분광 분포표이다. 가시광선 영역(약 400~760 nm)의 빛들을 주로 포함하고 있는 형광등과 대조적으로, 백열등은 760 nm 이상의 적외선 영역도 발광하기 때문에 에너지 효율이 낮은 편이다.




▲ 백열등의 분광 분포



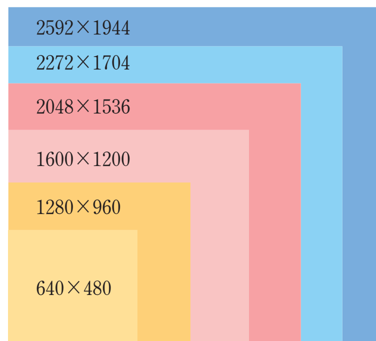

▲ 형광등의 분광 분포

## 과학 자료실

### 화소와 해상도

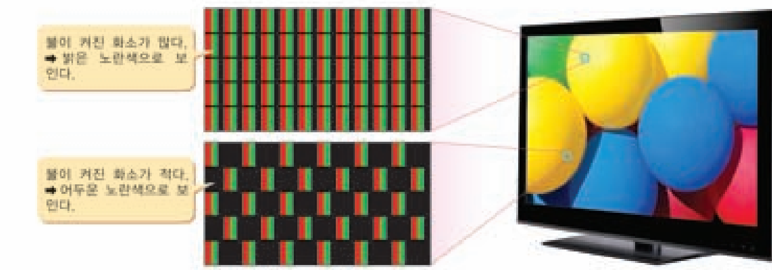
(1) **화소** 픽셀(pixel)은 picture와 cell을 결합시킨 합성어로서 디지털 이미지 구현의 최소 단위를 말하며, 화소라고 한다. 즉, 우리가 보고 있는 컴퓨터 화면이나 디지털카메라 화면은 매우 작은 점이 모여서 하나의 형태처럼 보이고 있는 것이다. 그 하나하나의 점이 화소이다.

(2) **해상도** 텔레비전 화면이나 컴퓨터 화면 등에 나타나는 물체의 선명도로서, 보통 주사선의 밀도를 말한다. 예를 들어 640×480의 해상도는 가로에 640개의 화소가, 세로에 480개의 화소가 있다는 뜻이며, 이 둘을 곱한 307,200개의 화소로 모니터 화면이 구성되어 있다는 것이다. 이를 보통 30만 화소라고 부른다. 또 우리가 흔히 부르는 500만 화소의 영상 장치라면 가로 2,592개, 세로 1,944개로 총 5,038,848개의 화소로 구성된다.




▲ 화소와 해상도

예를 들어, 노란색을 나타내는 영역에서 화소의 빨간색과 초록색은 빛이 나지만, 파란색은 꺼져 있다. 또한 같은 노란색이라도 불이 켜진 화소가 많으면 밝은 노란색으로 보이고 불이 켜진 화소가 적으면 어두운 노란색으로 보인다.




❸ 그림 Ⅱ-8 LCD 텔레비전_ 빛의 3원색을 조합하여 다양한 색을 만든다.

이 밖에 우리 주위에서 쉽게 볼 수 있는 휴대 전화의 화면이나 텔레비전, 디지털 사진기의 화면 등도 컴퓨터 화면과 같이 빨간색, 초록색, 파란색의 점들이 빛을 내는 원리로 색을 만든다.

대형 전광판에 다양한 색이 나타나는 과정도 컴퓨터의 화면이 색을 만드는 원리와 비슷하다. 그런데 전광판은 크기가 크고, 멀리서도 잘 보여야 하기 때문에 밝기가 밝은 LED(발광 다이오드) 전구로 화소를 만든다. 즉, 전광판은 빨간색, 초록색, 파란색 빛을 내는 LED(발광 다이오드) 전구의 조합으로 이루어져 있다.



❸ 그림 Ⅱ-9 LED(발광 다이오드) 전광판_ LED(발광 다이오드)는 밝기가 밝아 옥외 광고용 또는 운동 경기장의 전광판 등에 이용된다.

잠깐 체크 텔레비전 화면을 이루는 가장 작은 단위의 점을 무엇이라고 하는가?

자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술 연관 짓기 |
| --- | --- | --- |
| 두 가지 이상의 색의 빛을 겹쳐 합하는 것을 무엇이라고 하는가? | 자홍색 조명이 켜져 있는 옷가게에서 빨간색 옷을 산 후에 밖으로 나와 보았더니 노란색으로 보였다. 옷의 색이 다르게 보이는 이유를 설명해 보자. | 빨간색 화소가 없는 텔레비전 화면에는 무지개 색깔이 어떻게 나타날지 생각해 보자. |

1. 빛 71

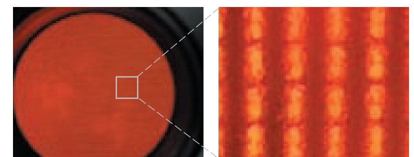
**잠깐 체크**

텔레비전 화면에서 빨간색, 초록색, 파란색 빛을 내는 가장 작은 단위의 점을 화소라고 한다.

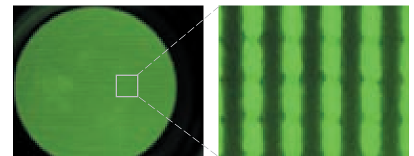
**과학 돋보기**

### ❀ 루페로 본 컴퓨터 화면의 화소

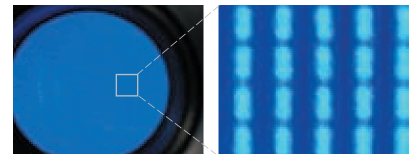
다음 사진들을 보면 컴퓨터 화면이 빨간색, 초록색, 파란색의 세 가지 색 화소로 색을 나타낸다는 것을 알 수 있다.



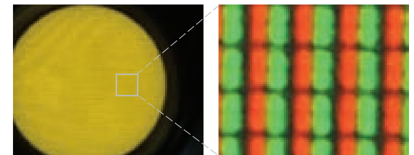
빨간색



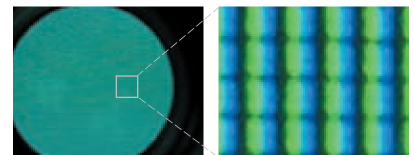
초록색



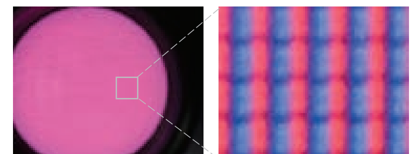
파란색



노란색



청록색



자홍색

❓ 1,280×960=1,228,800이다. 모니터의 해상도가 1,280×960이라는 말은 이 모니터를 구성하는 화소의 수가 1,228,800개 있다는 말과 같다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

두 가지 이상의 색의 빛을 겹쳐 합하는 것을 빛의 합성이라고 한다.

▶ 생활 속 문제 해결하기

노란색(R＋G) 천은 빨간색(R)과 초록색(G) 빛을 반사하는데 자홍색(R＋B) 조명 아래에서는 빨간색(R) 빛만 반사하므로 빨간색으로 보인다.

▶ 과학과 기술 연관 짓기

텔레비전 화소 중에 빨간색 부분의 화소가 없으면 화면에서는 빨간색이 포함되어 합성된 색이 나타나지 않는다. 따라서 텔레비전 화면 속의 무지개 색도 빨간색으로 합성된 색은 나타나지 않는다. 즉, 화면에는 초록색과 파란색 관련 부분만 선명하게 나타난다.

보충·심화

참여·관심 활동

# 빛으로 그림 그리기

연말이 되면 한 해가 가는 것을 아쉬워하며 자동차 불빛이 긴 곡선을 그리며 지나가는 야경 사진을 실은 신문 기사를 볼 수 있다. 이러한 사진은 사진기를 삼각대에 고정시켜 놓은 다음 노출 시간을 길게 하여 찍은 것이다. 사진기의 이런 기능을 잘 이용하면 빛으로도 그림을 그릴 수 있지 않을까?



|과정|

① 빛이 잘 들어오지 못하도록 작은 암실을 만든다.
② 사진기를 bulb(벌브) 모드로 맞춘 후 삼각대에 고정한다.
③ 사진기 앞에 손전등이나 여러 가지 색의 LED 전구를 들고 선다.
④ 사진을 찍는 학생은 사진기의 초점을 맞춘 후 셔터를 누르고, 또 다른 학생은 사진기 앞에 서서 손전등 또는 LED 전구를 원하는 방향으로 움직이면서 그림을 그린다.
⑤ 그림이 다 그려졌다고 판단되면 누르고 있던 셔터를 놓는다.
⑥ 원하는 모양의 그림이 그려졌는지 사진을 확인하고 인화한다.
⑦ 사진의 제목을 붙인 후 전시한다.
※ 빛으로 그림을 그릴 때 여러 가지 색의 LED 전구가 같은 지점을 지나게 하면 더욱 다양한 그림을 얻을 수 있다.



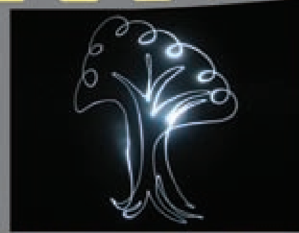


|생각해 보기|

1. 다양한 모습의 그림이 그려지는 원리를 말해 보자.

2. 색이 겹치는 부분에서는 어떤 색으로 나타나는지 관찰해 보고, 그 이유를 설명해 보자.







● 빛으로 그린 그림의 예

## 보충·심화

**| 생각해 보기 |**

1 셔터를 누르고 있는 동안에는 렌즈를 통해 약한 빛이 계속 들어오게 된다. 이때 손전등을 움직이면 손전등이 움직인 궤적이 카메라에 그대로 기록되므로 그림이 그려진다.

※ bulb 모드: 카메라 촬영 모드 중의 하나로 카메라를 bulb 모드로 해 놓으면 셔터를 누르고 있는 동안 렌즈를 통해 들어가는 빛이 모두 기록된다.

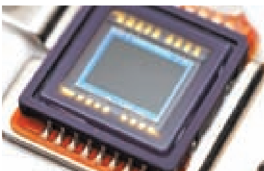
2 색이 겹치는 부분은 빛의 합성 원리에 따라 다양한 색깔이 나타난다. 예를 들어 빨간색 빛과 초록색 빛이 겹친 부분은 노란색으로 나타난다.

※ 생각해 보기를 통해 학생들이 창의·인성을 키울 수 있도록 지도한다.

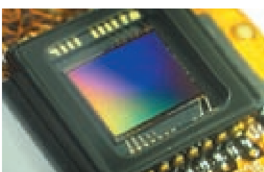
## 참고 자료 디지털카메라의 이미지

디지털카메라로 찍은 사진은 이미지 센서에 저장된다. 이미지 센서는 디지털카메라와 휴대 전화의 카메라 등에 탑재되는 반도체 소자로서 외부에서 빛을 받아들여 전기적 신호로 전환한다.

이미지 센서에는 출력부까지 전송되는 방식에 따라 CCD 타입과 CMOS 타입이 있다. 최근에는 여러 가지 CMOS 타입의 이미지 센서가 점차 많아지고 있다.



● CCD 이미지 센서



● CMOS 이미지 센서

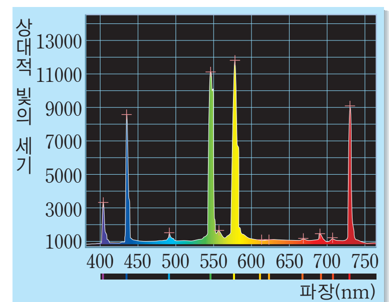
## 과학 돋보기

### ❀ 영상 장치(디지털카메라)의 원리

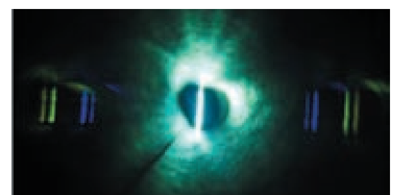
그림 (가)는 수은등에서 나오는 빛의 파장에 따른 상대적인 빛의 밝기를 나타낸 분광 분포이고, 그림 (나)는 수은등을 분광기로 본 모습을 디지털카메라로 찍은 스펙트럼이다.

(가)의 분광 분포에는 가시광선 영역 밖의 빨간색이 있지만, (나)에는 빨간색이 나타나지 않는다. 이것으로 보아 디지털카메라의 CCD(광학 사진기에서 빛을 감광하여 사진을 기록하는 부분)는 사람의 눈이 인식하는 가시광선 영역의 빛을 감지하여 색으로 표현한다는 것을 알 수 있다.

이와 같이 영상 장치도 RGB의 세 가지 색을 조절하여 색을 만든다.




(가) 수은등의 분광 분포



(나) 디지털카메라로 찍은 수은등의 스펙트럼

STEAM 융합

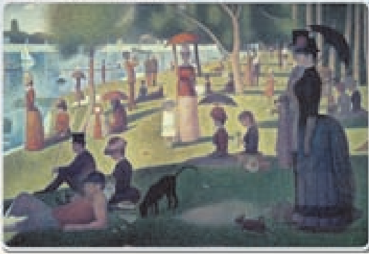
# 빛과 그림

빛의 합성을 이용하여 색을 나타내는 원리는 영상 장치뿐만 아니라 그림에 응용되기도 한다. 19세기 인상파 화가들은 색을 섞지 않고 각 색을 점으로 찍어서 그림을 그리는 **점묘화법**을 사용하였다. 점묘화법으로 그림을 그리면 어떤 점이 좋을까?

물감을 섞어서 그림을 그릴 경우에는 대부분의 색이 흡수되고 일부의 빛만 반사하여 어둡고 색의 구분이 잘 되지 않는 탁한 색으로 보이게 된다. 하지만 점묘화법으로 그리면 각 점들에서 반사된 빛이 합성되어 밝고 순수한 색으로 보이게 된다.

19세기 프랑스의 화가 쇠라는 자연이나 사물의 풍경을 더욱 정밀하게 그려 내고자 하였다. 그는 점묘화법을 통해 다양한 색채와 빛, 그리고 형태들을 꼼꼼하게 표현할 수 있었다. 그의 대표적인 작품으로는 그랑드 자트 섬의 일요일 오후, '르 바 뷔탕' 해변, 굉이질하는 농부 등이 있다.

그랑드 자트 섬의 일요일 오후



**쇠라**(Seurat, G. P. : 1859~1891)
19세기 프랑스의 화가로서, 점묘화법을 발전시켜 과학적으로 체계화하고 20세기 회화의 새로운 장을 열었다.

'르 바 뷔탕' 해변



아스니에르에서의 물놀이



73

## 융합 STEAM

### 1 점묘화의 원리

점묘화에서는 물감으로 찍은 점들에서 반사된 빛들이 눈에 동시에 들어온다. 이때 눈에서는 어떤 점과 그 옆의 점에서 들어오는 빛을 동시에 인식하게 되어 두 점에서 나오는 빛을 합성한 색으로 인식하게 된다. 점묘화는 이러한 빛의 합성 원리를 이용한 것이다.

이때 이웃한 두 점을 구분하지 못하고 하나의 색으로 인식하게 되는 것은 분해능의 개념으로 설명할 수 있다.

### 2 분해능

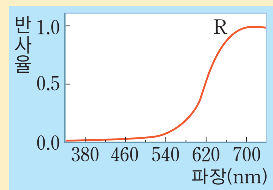
두 개의 광원을 두 점으로 구분할 수 있는 기준을 말한다.

두 광원에서 나오는 빛은 빛을 보는 눈의 동공이나 망원경의 렌즈를 지날 때 회절하기 때문에 멀리 떨어져 있으면 두 개의 광원이 아니라 하나의 광원으로 보이게 된다. 따라서 두 광원을 구분하여 볼 수 있는 기준을 정할 필요가 있다. 보통 레일리(Rayleigh) 기준을 사용하는데, 광원의 파장을 $\lambda$, 관측하는 눈의 동공이나 망원경의 지름을 $D$라고 하면 레일리 기준(분해능)은 $1.22\dfrac{\lambda}{D}$이다.

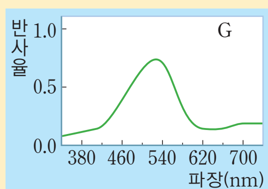
## 심화 학습 가산 혼합과 감산 혼합

### (1) 특정 색 물감의 반사율

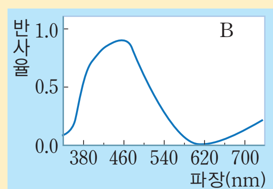
빨간색, 초록색, 파란색의 물감에 빛을 비추었을 때 각각의 색은 파장에 따라 반사율이 모두 다르다. 예를 들어, 빨간색은 670 nm 정도에서 빛을 가장 잘 반사한다.




빨간색



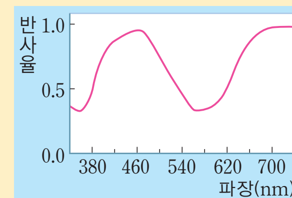

초록색



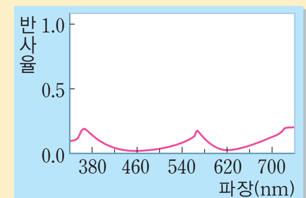

파란색

### (2) 가산 혼합과 감산 혼합

두 가지 색의 빛을 합성하면 두 빛에 포함된 여러 가지 색의 빛이 모두 합해서(가산) 나타난다. 하지만 두 가지 색의 물감을 섞으면 물감이 특정 색 이외의 색의 빛을 흡수하기(감산) 때문에 두 빛의 공통 부분의 빛만 반사하고 모두 흡수한다. 예를 들어, 빨간색과 파란색을 점묘화로 표현했을 때와 물감을 섞어서 그렸을 때 각 점에서의 반사율은 아래와 같다.




▲ 점묘화의 반사율




▲ 물감을 섞었을 때의 반사율

# 1-3 거울과 렌즈

## 학습 내용 안내

(1) 여러 가지 거울과 렌즈를 통해 나타나는 상을 관찰한다.
(2) 평면 거울과 볼록 렌즈에 의한 상의 생성 원리를 이해한다.

## 학습 전개

해 보기를 통해 빛은 직진하며, 이를 광선으로 나타낼 수 있음을 알게 한다.



거울의 종류와 각각의 거울에 비춰 보는 상의 특징을 비교해 보게 하고, 특히 평면 거울의 경우는 광선을 이용하여 상이 만들어지는 원리를 알게 한다.



렌즈의 종류와 렌즈를 통해 보는 상의 특징을 비교해 보게 하고, 특히 볼록 렌즈의 경우는 광선을 이용하여 상이 만들어지는 원리를 알게 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

거울은 빛을 반사시키고 렌즈는 통과시킨다. 이때 거울과 렌즈의 면이 굽어져 있을 경우 빛의 경로가 바뀌게 된다. 특히 렌즈의 경우는 굴절 현상을 일으킨다.

거울과 렌즈는 빛을 모으거나 퍼뜨리는 것도 반대가 된다. 오목 거울은 빛을 모으지만 오목 렌즈는 빛을 퍼뜨리고, 볼록 거울은 빛을 퍼뜨리지만 볼록 렌즈는 빛을 모은다.

### 찾아보기

- 천문 우주 지식 정보 http://astro.kasi.re.kr
- 과학 기술 정책 연구원 http://www.stepi.re.kr
- 물리학(2005), Eugene Hecht 저, 물리 교재 편찬 위원회 역, 천문각
- 물리학의 역사, Georg Feulner, 혜윤

Ⅰ. 빛과 파동

# 1-3 거울과 렌즈

**학습 목표**
- 거울에 의해 생기는 상의 특징과 생성 원리를 설명할 수 있다.
- 렌즈에 의해 생기는 상의 특징과 생성 원리를 설명할 수 있다.

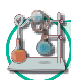
일상생활에서는 여러 종류의 거울과 렌즈가 이용되고 있다. 예를 들면 우리는 화장실의 거울, 할아버지의 돋보기, 도로의 안전 거울, 선생님의 안경 등 다양한 거울과 렌즈를 통해 사물을 보면서 생활한다.

거울에 비추어 보거나 렌즈를 통해 보면 물체는 어떤 모습으로 보일까?



그림 Ⅰ-10 생활 주변의 여러 가지 거울과 렌즈

74 Ⅰ. 빛과 파동



## 학습 자료실

### 생활 속에서 볼 수 있는 거울과 렌즈

(1) **숟가락의 볼록 · 오목 거울** 숟가락의 볼록한 면은 볼록 거울의 역할을 하여 사람의 모습이 작게 보이고, 오목한 곳은 오목 거울의 역할을 하여 숟가락과 사람의 거리에 따라 상이 다르게 보인다.

(2) **도로의 안전 거울과 버스 측면 거울의 볼록 거울** 도로의 안전 거울과 버스의 측면 거울은 더 넓게 잘 보이도록 볼록 거울로 만든다.

(3) **화장실과 학교 현관의 평면 거울** 화장실과 학교 현관에는 사람의 모습이 같은 크기로 보이는 평면 거울을 설치한다.

(4) **할아버지와 선생님의 근시 안경** 근시는 수정체를 통과한 빛이 망막보다 앞쪽에 초점을 맺어 상이 망막보다 앞쪽에 맺히는 시각 이상이다. 따라서 초점을 좀 더 멀리 맺게 하는 오목 렌즈를 이용한 안경을 써서 근시를 교정한다.

(5) **원시 안경** 원시는 수정체를 통과한 빛이 망막보다 뒤쪽에 초점을 맺어 상이 망막보다 뒤쪽에 맺히는 시각 이상이다. 따라서 초점을 좀 더 가까이 맺게 하는 볼록 렌즈를 이용한 안경을 써서 원시를 교정한다.

우리 눈에 물체가 보이는 것은 물체에서 반사된 빛이 보이는 것이다. 물체에서 반사된 빛이 거울에서 반사되거나 렌즈를 통과하면 어떻게 보일까?

먼저 빛이 어떻게 나아가는지 알아보자.

**해 보기** 빛은 어떻게 나아갈까? 실험

**|과정|**

여러 명의 학생들이 흰 종이를 일직선으로 들고 한 학생이 레이저 포인터를 맨 앞 종이를 향해 비춘다. 이때 종이에 레이저 빛이 보이는 학생은 종이를 내린다.

**주의!** 레이저 빛을 사람의 눈을 향해 비추지 않는다.

**|해석|**

1 종이에 비친 레이저 빛이 지나간 길은 어떤 모양인가?

2 이 실험을 통해 우리가 알 수 있는 사실은 무엇인가?

빛이 나아가는 길은 직선 모양이다. 즉, 빛은 **직진**한다. 빛이 직진한다는 것은 나뭇가지 사이로 비추는 햇살이나 바닷가의 등댓불이 나아가는 모습을 보면 알 수 있다. 또 물체의 그림자가 생기는 것을 통해서도 빛이 직진한다는 것을 알 수 있다. 그림자는 광원으로부터 나온 빛이 직진하다가 물체에 의해 가려진 부분에는 빛이 닿지 못하여 어둡게 보이는 현상이다.

빛이 지나가는 길은 선으로 나타낼 수 있는데, 이것을 **광선**이라고 한다. 또한 거울에 비추어 물체를 보거나 렌즈를 통해 물체를 볼 때 눈에 보이는 모습을 **상**이라고 한다. 광선을 이용하면 거울과 렌즈의 상을 찾을 수 있다.

**더 자세히**

레이저 빛이 지나가는 길에 분무기로 물을 뿌리거나, 우유를 한 방울 떨어뜨려 흐리게 한 물 속에 레이저 빛이 지나가게 하면 빛이 직진하는 모습을 볼 수 있다.

**잠깐 체크** 거울과 렌즈에 의해 생기는 물체의 모습을 무엇이라고 하는가?





그림 Ⅱ-11 빛의 직진(햇살과 등댓불)

**해 보기** 실험

**|해석|**

1 종이에 비친 레이저 빛이 지나간 길은 직선 모양이다.

2 이 실험을 통해 빛은 곧게 나아감을 알 수 있다.

**잠깐 체크**

물체를 거울이나 렌즈를 통해 볼 때 눈에 보이는 모습을 상이라고 한다.

**학습 자료실**

### 광선의 이해

**(1) 왜 광선을 학습하는가?** 광선(ray)은 빛(light)이 나아가는 길을 선으로 나타낸 것이다. 광선은 거울과 렌즈를 포함한 기하 광학을 이해하는 데 유용한 개념이다.

광선을 이용하면 물체를 보는 과정, 거울과 렌즈에서 상이 만들어지는 과정 등을 분석적으로 설명할 수 있다.

**(2) 광선은 눈에 보이는가?** 실제적으로 광선은 눈에 보이지 않는다. 광선은 빛이 나아가는 길을 마치 눈에 보이는 것처럼 형상화한 개념으로서 힘을 화살표로 표현하거나 자기장에서 자기력선을 곡선으로 나타내는 것과 유사한 개념이다.

**(3) 광선을 눈에 보이게 하는 방법** 레이저 빛이 나아가는 길을 눈에 보이게 하면 마치 광선이 나아가는 것처럼 보이게 할 수 있다. 이러한 방법에는 다음과 같은 것들이 있다.

① 수조에 물을 채우고 우유를 한 방울 떨어뜨린 다음 레이저 빛을 비추어 본다.

② 이온 음료가 든 투명한 병 속으로 레이저 빛을 비추어 본다.

③ 향 연기를 피우고 물이 든 수조 안에 레이저를 비추어 본다.

④ 레이저 빛을 비춘 곳에 분무기를 이용하여 물을 뿜어 본다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

**글짓기와 그림을 통한 광선 개념 찾아내기**

학생들에게 빛의 내용이 들어 있는 간단한 글쓰기를 하게 한 다음 이를 그림으로 표현하게 한다. 광선의 개념은 학생들이 이미 초등 과정을 배우거나 자라오면서 인지하고 있는 경우가 많다. 따라서 이 활동을 통해 학생들에게 그 사실을 인지시켜 줄 수 있다. 이와 같이 과학 내용은 새로운 것을 배우는 것도 있지만 경험적으로 알고 있는 사실에 정의를 내리기만 하는 경우도 많다.






햇빛이 나아가는 과정을 광선으로 표현한 그림 예

## 탐구 활동 조사 · 토의

**| 목표 |**

일상 생활에서 사용되는 거울의 종류를 찾고, 특징을 비교할 수 있다.

**| 원리 설명 |**

1 생활 주변의 거울을 표면 모양에 따라 분류해 보고, 각 거울에 의한 상의 특징을 조사한다.

2 거울에 비추어 보는 상은 물체를 직접 볼 때와 달리 거울 면에서 반사된 빛을 보는 것이다.

**| 유의점 |**

1 되도록 다양한 거울을 조사해 보게 한다.

2 거울을 통해 관찰자의 모습뿐만 아니라 위치가 고정되어 있는 주위의 물체가 어떻게 보이는지도 관찰해 보게 한다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

1 학생들이 조사한 사진 자료를 수업 시간에 함께 볼 수 있도록 한다.

2 토의 활동을 통해 학생들이 창의 · 인성을 배양할 수 있도록 지도한다.

**| 결과 |**

1 화장 거울은 편평하고 자동차 측면 거울은 볼록하고 손전등 반사 거울은 오목하다.

2 • 평면 거울: 화장 거울, 옷가게 거울
• 볼록 거울: 자동차 측면 거울, 도로의 안전 거울
• 오목 거울: 자동차 전조등 속의 거울, 화장할 때 쓰는 얼굴 확대용 거울

**| 해석 | 창의 · 인성**

1 평면 거울은 실물과 같은 크기의 물체를 비추어 볼 때 사용한다. 볼록 거울은 넓은 범위를 볼 때 사용한다. 오목 거울은 확대해서 보거나 빛을 한곳에 모아 멀리까지 보낼 때 사용한다.

2 거울의 종류에 따라 상의 모습은 축소되어 보이기도 하고 확대되어 보이기도 한다. 편평한 거울은 상의 왜곡이 없다. 오목 거울은 거꾸로 선 상도 만든다.

**거울에 비추어 보는 모습**

우리는 생활 주변에서 다양한 거울을 볼 수 있다. 거울이 다양한 장소에서 어떻게 쓰이는지 찾아보고, 각각의 거울이 만드는 상의 특징을 비교해 보자.

**탐구 활동** 거울의 종류와 특징 조사 · 토의

목표: 일상생활에서 사용되는 거울의 종류를 찾고, 특징을 비교할 수 있다.

과정: 그림은 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 거울들이다. 이 밖에 다양한 거울을 찾고, 각각의 쓰임새를 조사해 보자.

화장 거울

자동차의 측면 거울

손전등의 반사 거울

결과

1 위의 그림에 나타나 있는 거울 면은 각각 어떤 모양인가?

2 위의 그림에 나타난 거울과 자신이 조사해 온 거울을 거울 면의 모양에 따라 분류해 보자.

해석 창의 · 인성

1 거울의 종류에 따라 쓰임새가 어떻게 다른지 토의해 보자.

2 거울의 종류에 따라 상의 모습이 어떻게 달라지는가?

**탐구의 확장** 오목 거울 속에 비친 나의 모습

과정: 큰 오목 거울을 세워 놓고 먼 곳에서부터 거울 가까이로 걸어가면서 거울 속에 비친 자신의 모습을 관찰한다.

해석: 거울 속에 비친 상은 어떻게 달라지는가?

76 Ⅰ. 빛과 파동

## 탐구의 확장

**| 해석 |**

오목 거울을 통해 상을 볼 때에는 나와 오목 거울의 거리가 오목 거울의 초점 거리보다 멀 때와 가까울 때가 다르다.

| 초점 거리보다 멀 때 | 초점 거리보다 가까울 때 |
|---|---|
| • 초점 거리보다 멀리서 보면 내 모습이 거꾸로 선 모습으로 보인다.<br>• 오목 거울에서 멀어질수록 내 모습은 작아지고, 오목 거울에 점점 가까이 다가갈수록 내 모습은 점점 커진다.<br>• 오목 거울에 점점 가까이 가면 어느 순간 내 모습이 매우 커지는데, 이 지점이 오목 거울의 초점이다.<br>• 이 경우 상은 거울에서 반사된 광선이 실제로 모여서 만들어지며, 이것을 실상(real image)이라고 한다. | • 초점 거리보다 가까이서 보면 내 모습이 똑바로 선 모습으로 보인다.<br>• 초점 거리 안에서 내 모습은 오목 거울에서 멀어질수록 커지고, 오목 거울에 가까이 다가갈수록 점점 작아진다.<br>• 오목 거울에서 점점 멀어지면 어느 순간 내 모습이 매우 커지는데, 이 지점이 오목 거울의 초점이다.<br>• 이 경우 마치 상에서 광선이 나오는 것처럼 보이며, 이것을 허상(virtual image)이라고 한다. |

거울은 거울 면의 모양에 따라 **평면 거울**, **볼록 거울**, **오목 거울**로 분류할 수 있다. 각각의 거울은 상의 특징에 따라 여러 가지로 활용된다.

평면 거울은 가정에서 쉽게 찾아볼 수 있는 가장 일반적인 거울로서, 화장실이나 화장대, 거실 등에서 얼굴이나 몸을 비춰 보는 데 사용된다.

볼록 거울은 굽은 도로의 모퉁이나 자동차의 측면 거울로 사용된다. 볼록 거울로 보면 물체가 작게 보이지만 넓은 범위를 볼 수 있는 장점이 있다.

오목 거울은 화장할 때 얼굴을 확대해서 보는 데 사용된다. 또한 빛을 한 곳에 모을 수 있어 성화를 채화할 때 쓰이기도 하며, 빛을 나란하게 나아가게 할 수도 있어 자동차의 전조등이나 손전등에도 쓰인다.

**거울의 종류**
거울은 반사면의 모양에 따라 평면 거울, 볼록 거울, 오목 거울로 나뉜다.






❸ 그림 Ⅰ-12 평면 거울의 상_ 물체의 크기와 같고 똑바로 선 모습으로 보인다.



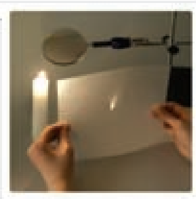
❸ 그림 Ⅰ-13 볼록 거울의 상_ 물체보다 작고 똑바로 선 모습으로 보인다.



❸ 그림 Ⅰ-14 오목 거울의 상(가까울 때)_ 물체보다 크고 똑바로 선 모습으로 보인다.



❸ 그림 Ⅰ-15 오목 거울의 상(멀 때)_ 거울보다 멀리 있는 물체는 거꾸로 뒤집혀 보인다.


다른 거울과 달리 오목 거울은 멀리 있는 물체의 상을 종이에 맺히게 할 수 있다.

1. 빛 77

## 학습 자료실

### ❀ 자동차에 쓰이는 거울의 종류

(1) **백미러(평면 거울)** 자동차의 내부에 설치되어 뒤쪽을 볼 수 있다. 평면 거울을 사용하므로 비추어진 물체의 모습은 실물의 크기와 같고, 느껴지는 거리도 같다.

(2) **사이드 미러(볼록 거울)** 자동차 뒤쪽에서 오는 차들을 볼 수 있다. 볼록 거울은 거울 면에서 반사된 빛이 넓게 퍼져 나가므로 실물보다 작게 보이지만 넓은 범위를 볼 수 있다. 볼록 거울에 비추어진 상은 실물보다 작기 때문에 실물과의 실제 거리는 운전자가 느끼는 것보다 더 가깝다.

(3) **전조등(오목 거울)** 자동차의 전조등 안에는 오목 거울이 있다. 오목 거울의 초점에 전구를 놓고 불을 켜면 불빛이 오목 거울에서 반사되어 나란하게 나아가므로 먼 곳까지 비출 수 있다.


❸ 백미러


❸ 사이드 미러


❸ 자동차 전조등

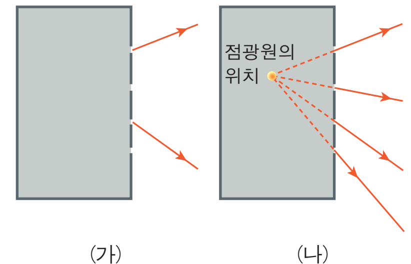
## 과학 돋보기



### ❀ 점광원의 위치 찾기

상자 안에 점광원이 하나 있고 상자의 오른쪽 면에 네 개의 구멍이 뚫려 있다. 이때 그림 (가)와 같이 상자 밖을 빠져나오는 두 개의 광선을 표시해 준다.

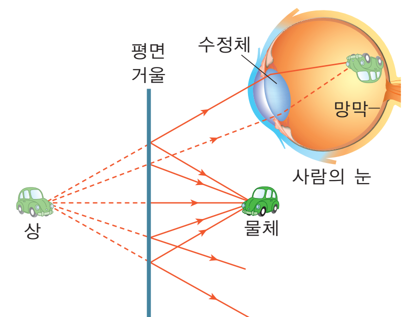
그림 (가)를 참고로 상자 밖을 빠져나오는 네 개의 광선을 모두 표시하면 그림 (나)와 같다. 이때 광선을 상자 안쪽으로 연장시켜 표시하면 점광원의 위치를 유추할 수 있다.




이 활동을 통해 상을 작도하는 첫 단계를 학습할 수 있다. 즉, 눈에 들어오는 광선의 연장선 어딘가에서 빛이 진행해 온다는 생각을 할 수 있다.

### ❀ 거울을 통한 상의 인식

거울에 비추어 물체의 상을 볼 때에는 눈에 들어오는 광선들을 거울 뒤로 연장했을 때 광선들의 교점에 물체의 상이 있는 것처럼 느껴진다.



❸ 눈으로 들어오는 빛과 연장선

**효과적인 수업을 위한 Tip**

평면 거울에서 반사한 빛은 거울 뒤의 상에서 나오는 것처럼 보이므로 물체가 거울 뒤에 있는 것처럼 보인다.

**| 용어 설명 |**

**법선** 법선은 영어로 'normal line'이라고 한다. 반사나 굴절의 법칙을 설명하기 위해 면에 수직으로 그은 보조선을 법선이라고 한다.

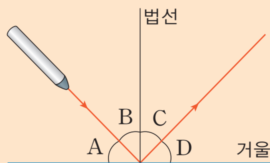
**잠깐 체크**

빛이 물체에서 반사할 때 입사각과 반사각은 항상 같다.

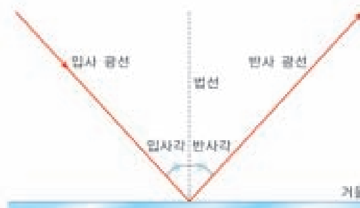
**효과적인 수업을 위한 Tip**

아래 그림에서 입사각은 A로, 반사각은 D로 착각하기 쉽다. 하지만 입사각은 법선과 입사 광선이 이루는 각도이므로 B이다. 마찬가지로 반사각은 법선과 반사 광선이 이루는 각도이므로 C이다.

입사각과 반사각의 개념을 확실히 해주는 것은 빛의 반사 법칙을 이해하는 데 큰 도움이 된다.




우리가 거울을 통해 물체의 상을 볼 수 있는 것은 광원에서 나온 빛이 물체에서 반사되고 이 빛이 거울 면에서 다시 반사되어 눈에 들어오기 때문이다. 이렇게 광원에서 나온 빛이 물체나 거울에 부딪혀 방향을 바꾸어 되돌아 나가는 현상을 **빛의 반사**라고 한다.




❶ 그림 Ⅱ-16 **빛의 반사 법칙**_ 빛이 반사할 때 입사 광선, 반사 광선, 법선은 한 평면 위에 있고, 입사각과 반사각의 크기는 항상 같다.

빛이 물체에서 반사될 때 물체 쪽으로 진행하는 빛을 **입사 광선**이라고 하고, 물체에서 되돌아 나가는 빛을 **반사 광선**이라고 한다. 또 반사면과 수직을 이루게 그은 선을 **법선**이라고 한다. 이때 법선과 입사 광선이 이루는 각을 입사각, 법선과 반사 광선이 이루는 각을 반사각이라고 한다. 입사각과 반사각의 크기는 항상 같은데, 이를 **반사 법칙**이라고 한다.

잠깐 체크 빛이 반사할 때 입사각과 반사각은 어떤 관계가 있는가?

**과학 자료실** 오목 거울의 이용

오목 거울은 반사면이 안쪽으로 오목한 거울로 여러 가지 용도로 쓰인다. 성화 채화나 자동차의 전조등에 오목 거울이 쓰이는 원리를 알아보자.

• 성화 채화

햇빛을 오목 거울에 비추면 그림과 같이 빛이 반사되어 한 곳에 모이게 되는데 이곳을 초점이라고 한다. 이때 오목 거울의 초점에는 빛이 모여 온도가 매우 높아지므로 이곳에 성화봉을 놓으면 불이 붙게 된다.

• 전조등

오목 거울의 초점에 광원을 두면 거울에서 반사된 빛이 서로 평행하게 나아간다. 등대나 손전등 안의 거울, 자동차의 전조등은 이러한 원리를 이용한 것이다.






❶ 성화 채화






❶ 자동차의 전조등

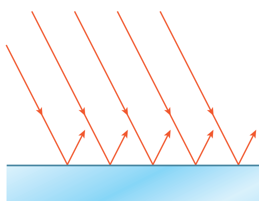
78 Ⅱ. 빛과 파동

**학습 자료실**

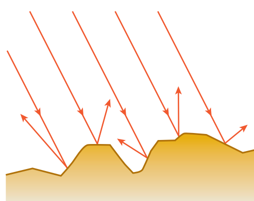
## ❀ 정반사와 난반사

잔잔한 수면에서는 일정한 방향으로 들어온 빛이 일정한 방향으로 반사되므로 주변의 경치가 잘 비쳐 보인다. 그러나 수면이 거칠면 일정하게 들어온 빛이 사방으로 흩어져 반사되므로 경치가 비쳐 보이지 않는다. 이처럼 반사면의 표면이 매끄러워 일정한 방향으로 반사되는 것을 정반사라고 하고, 반사면의 표면이 울퉁불퉁해 사방으로 흩어져 반사되는 것을 난반사라고 한다.

거울과 같이 표면이 매끈한 물체는 나란하게 입사한 빛을 나란하게 반사하므로 그 면을 통하여 물체의 상을 보게 된다. 그러나 물체 표면이 울퉁불퉁하면 빛이 나란하게 입사하여도 반사면이 울퉁불퉁하여 입사각이 제각기 다르므로 반사하는 빛의 방향도 각각 다르다. 따라서 표면이 거칠면 물체의 상은 볼 수 없지만 표면의 모습을 어느 방향에서나 볼 수 있다.



매끄러운 면에서의 정반사



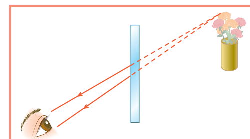
울퉁불퉁한 면에서의 난반사

## ❀ 평면 거울이 상을 만드는 원리

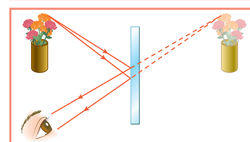
평면 거울이 상을 만드는 원리는 교과서와 역순으로 생각할 수도 있다.




❶ 거울 속에 꽃병이 있는 것처럼 보인다. 이 꽃병은 상이다.



❶ 우리의 눈은 마치 상에서 광선이 나오는 것처럼 인식한다.



❶ 실제로는 물체에서 나온 광선이 거울에서 반사되어 눈으로 들어오는 것이다.

### 평면 거울이 상을 만드는 원리

평면 거울 앞에 물체를 놓고 거울을 보면 거울로부터 똑같은 거리에 물체의 크기와 같은 크기의 상이 있는 것을 볼 수 있다. 이러한 상이 어떻게 생기는지 빛의 반사 법칙을 이용하여 알아보자.

1단계

전등

거울

○ 그림 Ⅱ-17 물체에서 빛의 반사

전등으로부터 나온 빛은 물체의 표면에서 여러 방향으로 반사된다. 이때 물체에서 반사되는 광선 중 몇 개의 광선만 그려 보면 거울에서 생기는 상을 찾을 수 있다.

2단계

전등

거울

입사각

법선

반사각

거울

○ 그림 Ⅱ-18 거울에서 빛의 반사

물체에서 반사된 빛은 거울 표면에서 다시 반사된다. 이때 입사각과 반사각의 크기는 같다.

3단계

전등

거울

평면 거울에 의해 생기는 물체의 상은 물체와 같은 크기이다.

거울 속에 보이는 상

○ 그림 Ⅱ-19 거울 속에 보이는 상

거울에서 반사된 빛이 눈으로 들어오면 물체의 상을 보게 된다. 이때 사람은 빛이 거울에서 반사된 것이 아니라 거울 속 상의 위치에서 빛이 나오는 것처럼 느낀다.

잠깐 체크 평면 거울로 물체의 상을 볼 때 빛은 상에서 직접 나오는 것일까?

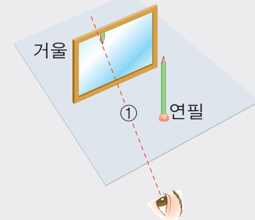
1. 빛 79



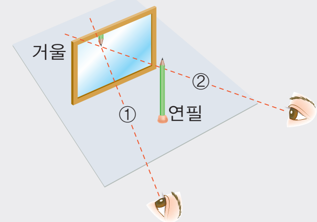
## 이런 실험도 가능해요! 평면 거울에 의한 상의 위치 찾기

**|과정|**

(1) 평면 거울에 비친 상과 눈을 이어 주는 선 ①을 그린다.




(2) 시선을 옮겨서 보이는 상과 눈을 잇는 선 ②를 그린다.




**|결과|**

①과 ②가 만나는 곳에 상이 위치한다.

**잠깐 체크**

평면 거울 속의 상에서 실제 빛이 나오는 것이 아니고 거울 속의 상에서 빛이 나오는 것처럼 느끼는 것이다.

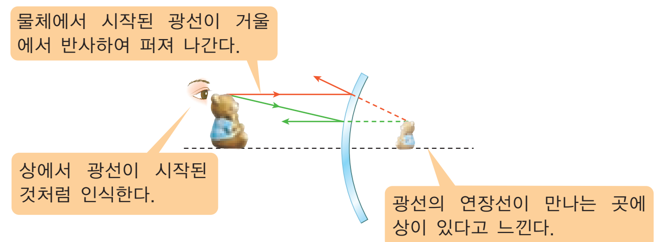
## 과학 돋보기



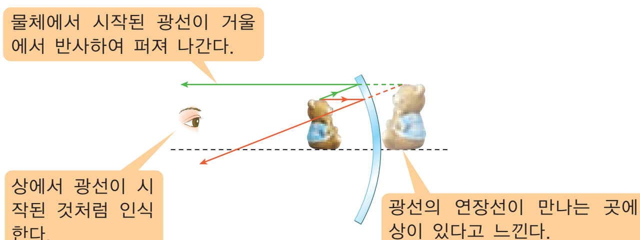
### ❀ 볼록 거울과 오목 거울이 상을 만드는 원리

볼록 거울에 의해 생기는 상은 항상 거울 뒤에 있으며, 크기는 물체보다 작다.

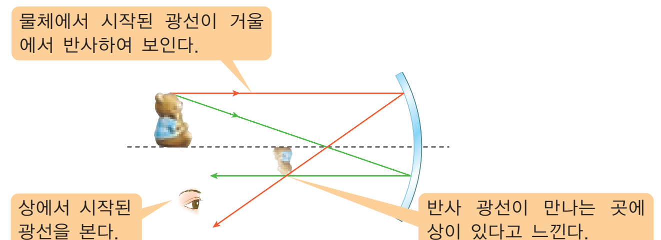
오목 거울에 의한 상은 물체의 위치가 초점 거리보다 멀거나 가까운 것에 따라 거울의 앞쪽에 거꾸로 선 상이 생기기도 하고, 거울 뒤에 똑바로 선 상이 생기기도 한다.




❹ 볼록 거울에 의한 상




❺ 오목 거울에 의한 상(물체의 위치가 초점 거리보다 가까울 때)




❻ 오목 거울에 의한 상(물체의 위치가 초점 거리보다 멀 때)

### 렌즈를 통해 보는 모습

우리는 주변에서 렌즈가 쓰이는 곳을 쉽게 찾을 수 있다. 각각의 렌즈에 의한 상의 특징을 비교해 보자.

**탐구 활동** 렌즈의 종류와 특징 (조사 · 토의)

**목표**
일상생활에서 사용되는 렌즈의 종류를 찾고 특징을 비교할 수 있다.

**준비물**
필기도구, 사진기

**탐구 도우미**
렌즈라고 생각할 수 있는 것들을 다양하게 찾아본다.

**과정**
다음은 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 렌즈들이다. 이 밖의 다양한 렌즈를 찾고, 각각의 쓰임새를 조사해 보자.

콘택트렌즈 / 돋보기 안경 / 휴대 전화의 카메라 렌즈

**결과**
1 위의 그림에 나타난 렌즈는 각각 어떤 모양인가?
2 위의 그림에 나타난 렌즈와 자신이 조사한 렌즈를 모양에 따라 분류해 보자.

**해석** 창의 · 인성
1 렌즈의 종류에 따라 쓰임새가 어떻게 다른지 토의해 보자.
2 렌즈의 종류에 따라 상의 모습이 어떻게 달라지는가?

**탐구의 확장** 간이 사진기 만들기

**과정**
❶ 검은색 종이를 이용하여 볼록 렌즈를 감쌀 수 있을 정도의 크기로 원기둥을 만들고 한쪽 끝에 렌즈를 붙인다.
❷ 남은 종이를 이용하여 통 안에 들어갈 정도의 원기둥을 만들고 한쪽 끝에 기름종이를 붙인다.
❸ 기름종이와 렌즈 사이의 거리를 조절하여 물체의 상이 맺히는지 관찰한다.

**해석**
1. 기름종이에는 어떤 상이 만들어지는가?
2. 기름종이에 상이 만들어지는 원리를 설명해 보자.



## 탐구 활동 조사 · 토의

### 목표
일상생활에서 사용되는 렌즈의 종류를 찾고 특징을 비교할 수 있다.

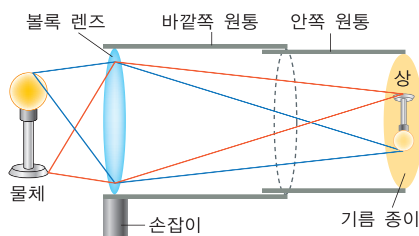
### 유의점
1 토의 활동을 통해 학생들이 창의 · 인성을 배양할 수 있도록 지도한다.
2 간이 사진기는 손잡이가 있는 볼록 렌즈를 이용하면 다루기 쉽다.

### 결과
1 콘택트렌즈는 오목한 모양이고, 돋보기 안경과 휴대 전화의 카메라 렌즈는 볼록한 모양이다.
2 • 볼록 렌즈: 확대경, 원시 교정용 안경, 현미경, 망원경 등
  • 오목 렌즈: 근시 교정용 안경, 콘텍트렌즈 등

### 해석 창의 · 인성
1 • 볼록 렌즈: 빛을 한곳에 모으거나 확대된 상을 보려고 할 때 쓴다.
  • 오목 렌즈: 근시용 안경 등 축소된 상을 보려고 할 때 쓴다.
2 • 볼록 렌즈: 실물보다 작은 크기의 거꾸로 선 상 또는 실물보다 큰 크기의 똑바로 선 상
  • 오목 렌즈: 실물보다 작은 크기의 똑바로 선 상

## 탐구의 확장

### 해석
1 기름종이에는 실물보다 작고 거꾸로 뒤집힌 상이 맺힌다.
2 물체에서 나온 빛이 기름종이를 실제로 지나가기 때문에 기름종이에 상이 맺힌다.



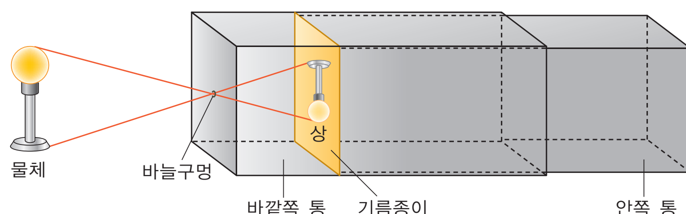
❸ 간이 사진기에서 상이 만들어지는 원리

### 관련 지식

#### ❀ 바늘구멍 사진기

바늘구멍 사진기는 구멍과 기름종이 사이의 간격을 조절하여 물체의 상이 기름종이에 맺히게 하는 장치이다. 이때 물체의 상은 그림과 같이 거꾸로 선 모습이며, 기름종이에 실제로 광선이 모여서 만들어진 상이므로 실상이다.

바늘구멍 사진기로 물체를 보면 물체의 상하좌우가 바뀌어 보인다. 바늘구멍 사진기에서 물체가 거꾸로 보이는 이유는, 물체에서 나온 빛은 바늘구멍 사진기의 작은 구멍을 통하여 직진하는데, 아래쪽에서 나온 빛은 위쪽으로, 위쪽에서 나온 빛은 아래쪽으로 나아가 기름종이에 도달하기 때문이다. 즉, 상하좌우가 바뀌는 것은 빛의 직진 현상 때문이다.



❹ 바늘구멍 사진기에서 상이 만들어지는 원리

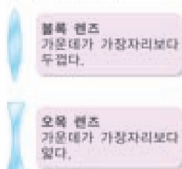
생활 속에서 접하는 많은 렌즈들을 **볼록 렌즈**와 **오목 렌즈**로 분류할 수 있다. 각각의 렌즈는 상의 특징에 따라 여러 가지로 쓰인다.

볼록 렌즈에 의한 상은 물체와 렌즈가 가까울 때 물체보다 크고 똑바로 선 모습으로 보이며, 멀 때에는 물체보다 작고 거꾸로 뒤집어진 모습으로 보인다. 이와 같은 성질을 갖고 있는 볼록 렌즈는 확대경, 원시 교정용 안경, 현미경, 망원경 등에 사용된다.

오목 렌즈에 의한 상은 물체보다 작고 똑바로 선 모습으로 보인다. 이러한 오목 렌즈는 근시 교정용 안경이나 콘택트렌즈 등에 사용된다.

렌즈를 통해 물체의 상을 볼 수 있는 것은 광원에서 나온 빛이 렌즈를 통과하여 우리 눈에 들어오기 때문이다. 그런데 빛은 공기 중에서 진행하다가 렌즈를 통과할 때 진행 방향이 꺾이게 된다. 이와 같이 빛이 한 물질에서 다른 물질로 진행할 때 진행 방향이 꺾이는 현상을 **빛의 굴절**이라고 한다.

**렌즈의 종류**
렌즈는 모양에 따라 볼록 렌즈와 오목 렌즈로 분류된다.

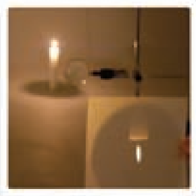





❶ 그림 Ⅰ-20 볼록 렌즈의 상(가까울 때)_ 물체보다 크고 똑바로 선 모습으로 보인다.



❶ 그림 Ⅰ-21 볼록 렌즈의 상(멀 때)_ 물체보다 작고 거꾸로 뒤집어진 모습으로 보인다.


오목 렌즈와 달리 볼록 렌즈는 멀리 있는 물체의 상을 종이에 맺히게 할 수 있다.



❶ 그림 Ⅰ-22 오목 렌즈의 상(가까울 때)_ 물체보다 작고 똑바로 선 모습으로 보인다.



❶ 그림 Ⅰ-23 오목 렌즈의 상(멀 때)_ 물체보다 작고 똑바로 선 모습으로 보이는데 가까울 때보다 더 작게 보인다.

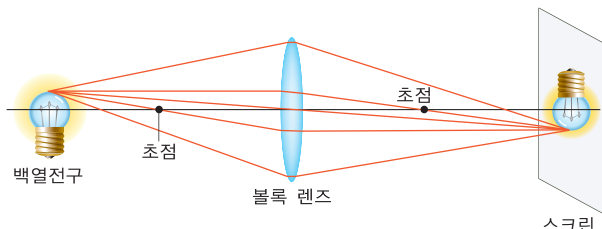
1. 빛 **81**

## 학습 자료실

다음 그림은 백열전구, 볼록 렌즈, 흰색 종이를 일직선 상에 배치하고, 방 안의 전등을 모두 꺼 주위를 어둡게 한 후에 백열전구를 켠 모습이다. 이때 볼록 렌즈를 흰색 종이와 전구 사이에서 앞뒤로 이동시키면 흰색 종이에 선명한 상이 맺히도록 할 수 있다.

실상은 렌즈를 통과한 빛이 실제로 모여서 상이 생긴 것이고, 허상은 실제 빛이 모이는 것이 아니라 렌즈를 통과해 퍼져 나가는 빛을 빛이 나아가는 방향과 반대로 연장했을 때 모여진 곳에 상이 형성되는 것이다.

볼록 렌즈의 경우 초점 밖에 물체가 있으면 빛이 렌즈를 통과한 후 한 점에 모여 실상이 맺히게 된다.

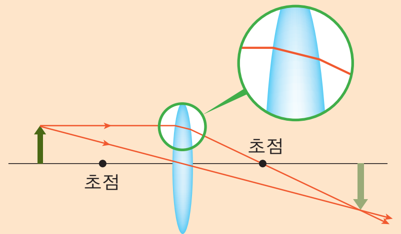


❸ 볼록 렌즈의 실상

### 효과적인 수업을 위한 Tip

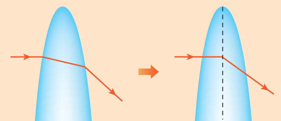
**렌즈를 통과할 때의 광선 그리기**

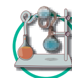
실제로 렌즈를 통과하는 광선은 그림과 같이 두 번 굴절하여 나아간다.



❸ 렌즈를 통과하는 광선의 굴절

하지만 두께를 무시할 수 있을 정도로 얇은 렌즈이고 한 점에 빛이 모두 모인다고 가정할 경우, 광선이 렌즈의 중간에서 한 번만 꺾이게 그릴 수 있다.


❸ 렌즈에서 굴절되는 광선 그리기



## 학습 자료실

### ❀ 실상과 허상을 확인하는 방법

(1) **실상** 거울에 반사되거나 렌즈를 통과한 광선들이 실제로 모여서(수렴하여) 생기는 상이다. 이때 종이를 빛이 모이는 지점에 두면 종이에 상이 맺히는 것을 관찰할 수 있다.

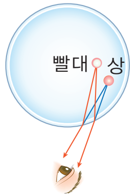
(2) **허상** 실제로 광선들이 모여서 생기는 상이 아니라 퍼져 나가는(발산하는) 광선의 반대 방향으로 광선을 연장시켰을 때 만나는 점에서 생기는 상이다. 이 경우 상의 위치에는 광선이 실제로 존재하지 않으므로 종이를 대어도 종이에 상이 맺히지 않는다.

볼록 렌즈에서는 물체에서 반사되어 렌즈를 통과한 빛이 모이는 지점이 있지만, 오목 렌즈에서는 렌즈를 통과한 빛이 항상 퍼지므로 실제로 빛이 모이는 점을 찾을 수 없다. 이 경우 사람은 눈으로 들어온 빛의 연장선을 렌즈 쪽으로 그어 만나는 지점에 상이 있는 것처럼 느끼게 된다.

## 과학 돋보기



### ❀ 물이 든 컵 속의 빨대가 끊어져 보이는 이유



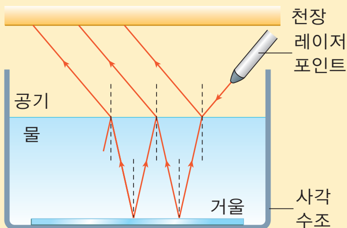

그림과 같이 컵의 윗면에서 광선을 그려 보면 눈으로 들어오는 두 광선의 연장선이 만나는 점이 빨대의 위치보다 약간 옆으로 이동해 있음을 알 수 있다. 이 때문에 빨대가 수면에서 끊어진 것처럼 보인다.

### 잠깐 체크

렌즈를 통과한 빛이 꺾이는 현상을 굴절이라고 한다.

### 심화 학습 경계면에서 빛의 진행

아래 그림과 같이 장치하고 레이저 빛이 천장에 비친 모습을 관찰하면 레이저 빛이 3개 정도로 관찰된다.




❸ 빛의 진행

두 물질(매질)의 경계면에서 빛은 반사와 굴절을 동시에 한다. 즉, 진행하던 빛이 다른 물질을 만나면 굴절하여 투과하거나 반사한다.

이때 반사하는 양과 투과하는 양은 물질에 따라 다르다. 유리나 물과 같이 투명한 물질에서는 반사하는 양보다 투과하는 양이 많고, 책이나 거울과 같이 불투명한 물질에서는 반사하는 양이 많다.

거울에 비친 손가락을 가까이에서 보면 두 개로 보이는데, 이것은 손가락에서 반사되어 나온 빛이 거울 면에서 반사와 굴절을 동시에 하기 때문이다.

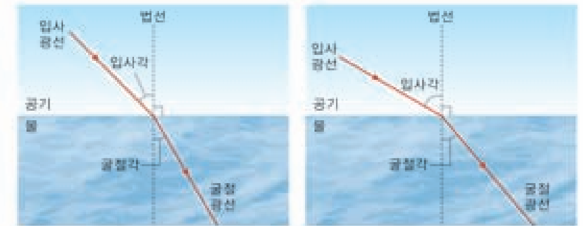
---

**빛이 굴절되는 이유**
빛은 지나가는 물질의 성질에 따라 진행하는 속력이 달라지기 때문에 굴절한다.

빛이 굴절될 때 두 물질의 경계면으로 진행하는 빛을 **입사 광선**이라고 하고, 경계면에서 꺾여서 나아가는 빛을 **굴절 광선**이라고 한다. 빛이 입사한 지점에 법선을 그렸을 때 법선과 입사 광선이 이루는 각을 입사각, 법선과 굴절 광선이 이루는 각을 굴절각이라고 한다. 이때 입사각이 커질수록 굴절각도 커지는데, 이것을 **빛의 굴절 법칙**이라고 한다.



❸ 그림 Ⅰ-24 굴절 현상의 관찰_ 물을 채운 수조에 빛을 비스듬히 비추면 빛이 공기와 물의 경계면에서 굴절하는 것을 관찰할 수 있다.




❸ 그림 Ⅰ-25 굴절하는 빛_ 입사각이 커지면 굴절각도 커진다.

물의 깊이가 실제보다 얕게 보이거나, 컵 속의 빨대가 꺾여 보이는 현상, 어항 속의 물고기가 크게 보이는 현상, 뜨거운 난로 위의 아지랑이, 신기루 등은 빛의 굴절에 의해 나타나는 현상들이다.

잠깐 체크 렌즈를 통과한 빛이 꺾이는 현상을 무엇이라고 하는가?



클릭 <그때 그 사건>

신기루

1798년 나폴레옹의 군사들은 이집트를 정벌하기 위하여 이동하던 중 신기한 경험을 한다. 오랜 이동으로 지쳐 있던 그들 앞에 분명히 보이던 호수가 사라진 것이다. 그들은 이러한 신기한 현상을 보고 매우 놀랐다.

나폴레옹의 군사들이 겪었던 것처럼 물체가 실제의 위치가 아닌 다른 위치에서 보이게 되는 현상을 신기루라고 한다.

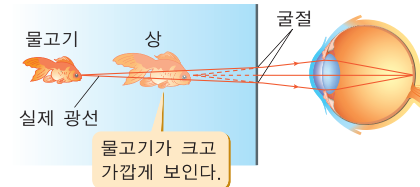
신기루는 불안정한 대기층에서 빛이 굴절하면서 생긴다. 특히 사막이나 추운 지방 등 지면과 공기의 온도 차이가 큰 곳에서 쉽게 관찰된다.

82 Ⅰ. 빛과 파동

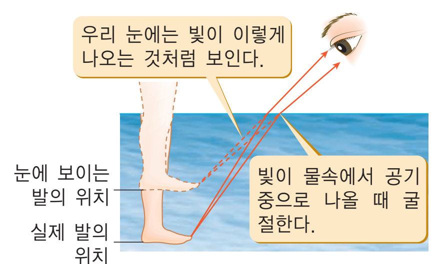
---

## 학습 자료실

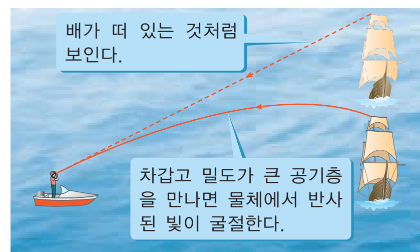
### ❀ 생활 속 굴절 현상의 예



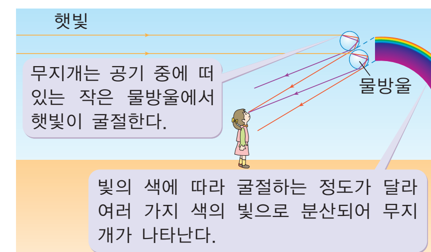

❸ 실제보다 커 보이는 물고기




❸ 실제보다 얕게 잠겨 보이는 다리




❸ 바다 위에서 떠 보이는 배



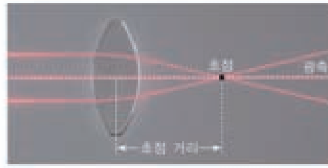

❸ 무지개

**볼록 렌즈가 상을 만드는 원리**

볼록 렌즈를 통해 물체를 보면 물체에서 나온 빛이 볼록 렌즈를 통과해 눈으로 들어온다. 따라서 볼록 렌즈를 통해 보는 물체의 상을 알기 위해서는 광선이 볼록 렌즈를 통과하여 어떻게 나아가는지를 알아야 한다.

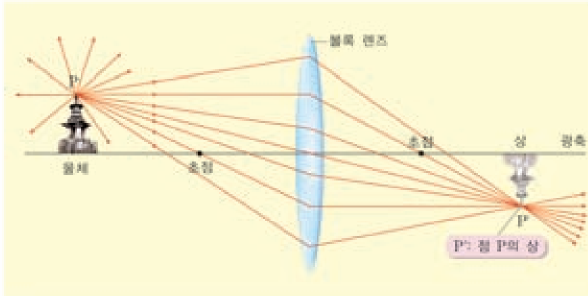
광축에 평행하게 들어오는 광선들은 렌즈를 통과한 후 한 점에 모이는데, 이 점을 볼록 렌즈의 **초점**이라고 한다. 볼록 렌즈의 중심에서 초점까지의 거리를 **초점 거리**라고 한다. 또한 거울이나 렌즈의 중심과 초점을 지나는 가상의 직선을 **광축**이라고 한다.

볼록 렌즈에 의한 상은 아래 그림과 같이 물체와 렌즈 사이의 거리에 따라 달라진다. 즉, 물체의 위치가 초점보다 멀리 있는 경우에는 렌즈를 통과한 빛이 모여 상을 만들고 물체의 위치가 초점보다 가까이 있는 경우에는 상에서 빛이 나오는 것처럼 보인다. 그림에서 P는 물체를, P′은 볼록 렌즈에 의한 상을 나타낸다.

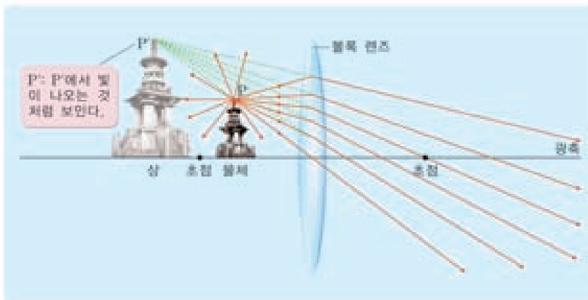



❍ 그림 Ⅰ-26 볼록 렌즈의 초점_ 볼록 렌즈를 향하여 나란하게 들어오는 광선들은 굴절된 후 볼록 렌즈의 초점을 통과한다.

스스로 해결하기
볼록 렌즈의 중심에서 초점까지의 거리를 (　　　)(이)라고 한다.




❍ 그림 Ⅰ-27 멀리 있는 물체에서 오는 빛_ 물체 위의 한 점 P에서 사방으로 퍼져 나간 빛 중 볼록 렌즈를 통과하여 굴절된 빛들은 한 점 P′에서 만난다.




❍ 그림 Ⅰ-28 가까이 있는 물체에서 오는 빛_ 물체 위의 한 점 P에서 사방으로 퍼져 나간 빛 중 볼록 렌즈를 통과한 빛들은 마치 한 점 P′에서 나오는 것처럼 진행한다.



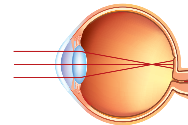
스스로 해결하기
볼록 렌즈의 중심에서 초점까지의 거리를 ( 초점 거리 )라고 한다.

## 과학 자료실

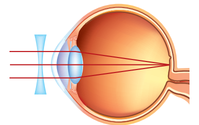
### ❀ 시력 교정

우리 눈의 수정체는 볼록 렌즈와 같은 역할을 하여 물체에서 반사되어 나온 빛을 굴절시켜 망막에 물체의 상이 맺히도록 한다. 물체가 놓인 위치에 따른 수정체의 두께 조절에 이상이 생기면 상을 망막에 정확하게 맺지 못하게 된다. 이때에는 오목 렌즈나 볼록 렌즈를 이용하여 교정할 수 있다.

너무 두꺼운 수정체

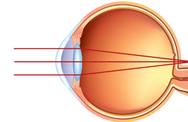


오목 렌즈로 교정

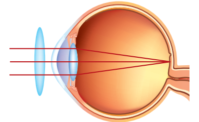


❷ 근시의 교정

너무 얇은 수정체



볼록 렌즈로 교정

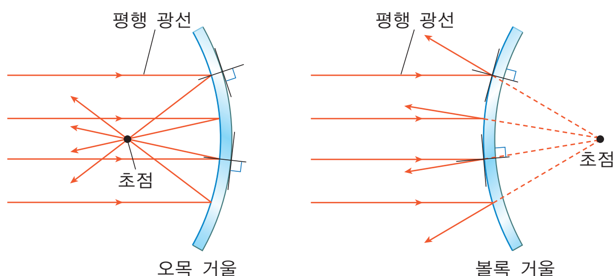


❷ 원시의 교정

## 학습 자료실

### ❀ 거울의 초점

광선들이 광축과 평행하게 거울에 입사하는 경우에 각 광선이 거울면과 만나는 점에서 접선을 그리고 반사 법칙에 따라 진행 방향을 나타내면 아래 그림과 같다. 오목 거울에서는 모든 광선이 한 점에 모인다. 또 볼록 거울에서는 거울 속의 한 점에서 빛이 나오는 것처럼 광선이 나아간다. 이 점을 초점이라고 한다.




❷ 거울의 초점

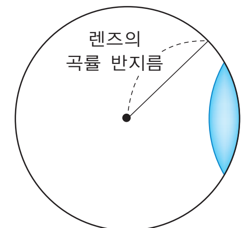
### ❀ 렌즈의 초점

렌즈를 이루는 구면을 연장하여 완전한 구를 그리면 구의 중심을 알 수 있는데, 구의 중심에서 구면까지 이르는 거리를 곡률 반지름이라고 한다.

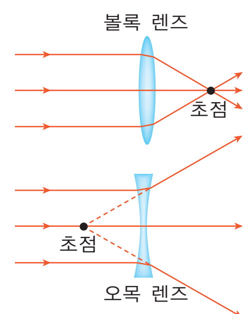
그림과 같이 볼록 렌즈에서는 평행 광선이 렌즈에 들어올 때 렌즈를 통과한 후 광선들이 모이는 점이 바로 초점이다. 또 오목 렌즈에서는 어느 한 점에서 빛이 나오는 것처럼 보이는데 이 점이 초점이다.

빛은 렌즈의 두꺼운 쪽으로 굴절되기 때문에 볼록 렌즈의 경우에는 빛이 초점에 모이게 된다.

또 오목 렌즈의 경우에는 빛이 퍼져 나가게 된다.




❷ 곡률 반지름




❷ 렌즈의 초점

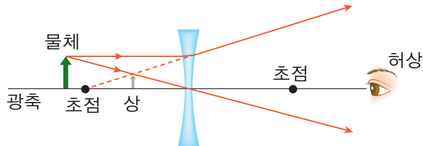
## 과학 돋보기



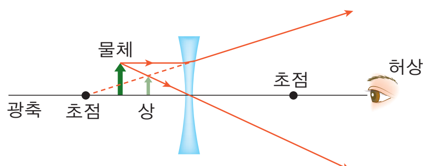
### ❀ 오목 렌즈에 의한 물체의 상

(1) 광축과 나란하게 들어오는 광선은 렌즈에서 굴절되어 나아간다. 이때 굴절된 광선은 오목 렌즈의 왼쪽에 있는 초점에서 나오는 것처럼 보인다.

(2) 렌즈의 중심을 향해 들어오는 광선은 직진한다.




❸ 초점 거리보다 멀리 있는 물체의 상

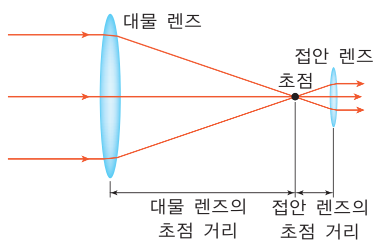



❸ 초점 거리보다 가까이 있는 물체의 상

### | 관련 지식 |

### ❀ 굴절 망원경

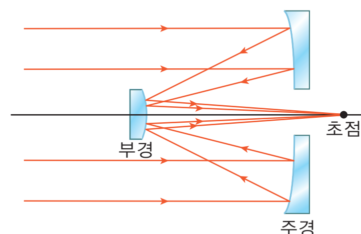
렌즈를 이용하여 빛을 모으도록 만든 망원경으로, 같은 크기의 반사 망원경에 비해 뚜렷한 상을 볼 수 있지만 제작비가 많이 든다.



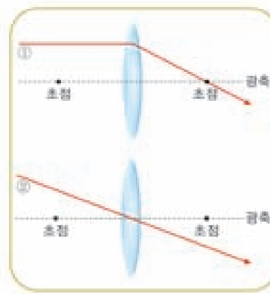

❸ 굴절 망원경의 원리

### ❀ 반사 망원경

거울을 이용하여 빛을 모으도록 만든 망원경으로, 가격이 싼 편이지만 거울 면에서 반사할 때 빛의 세기가 줄어들어 상대적으로 적은 양의 빛을 모은다.




❸ 반사 망원경의 원리

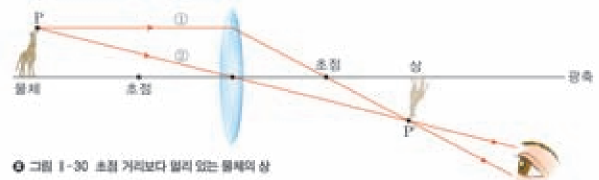



❸ 그림 Ⅰ-29 상을 찾을 때 이용하는 두 광선. ①과 같이 광축에 평행하게 들어오는 광선은 볼록 렌즈의 초점을 지나게 되고, ②와 같이 볼록 렌즈의 중심을 지나는 광선은 꺾이지 않고 직진한다.

볼록 렌즈에 의한 물체의 상은 렌즈를 통과하는 두 개의 광선으로 찾을 수 있다.

물체가 볼록 렌즈의 초점 거리보다 멀리 있는 경우 렌즈를 통과한 두 광선이 만나는 점이 상의 위치가 된다. 이때 우리는 물체에서 시작하여 렌즈를 통과한 후 실제로 상을 지나는 빛을 보게 된다. 이 경우 상은 물체보다 작고 뒤집어진 모습으로 보인다.

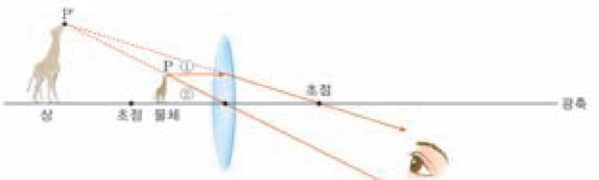
우리가 사진을 찍을 때 물체의 상이 필름에 맺히는 것이 여기에 해당한다.




❸ 그림 Ⅰ-30 초점 거리보다 멀리 있는 물체의 상

물체가 볼록 렌즈의 초점 거리보다 가까이 있는 경우 렌즈를 통과한 두 광선은 렌즈 뒤의 한 점 P'에서 나오는 것처럼 보인다. 즉, 우리는 빛이 마치 상에서 나오는 것처럼 느끼게 된다. 이 경우 상은 실물보다 크고 똑바로 선 모습으로 보인다.

돋보기로 물체를 확대해서 보는 경우가 여기에 해당한다.




❸ 그림 Ⅰ-31 초점 거리보다 가까이 있는 물체의 상

| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술 연관 짓기 |
|---|---|---|---|
| | 오목 거울과 볼록 렌즈가 만드는 상의 공통점을 말해 보자. | 원시를 교정하는 안경의 원리를 알아보자. | 굴절 망원경과 반사 망원경에 쓰인 렌즈와 거울의 종류를 알아보자. |

84 Ⅰ. 빛과 파동

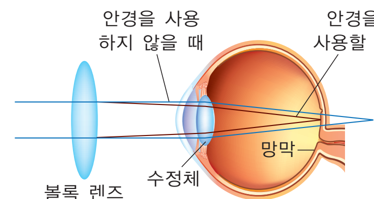
## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

오목 거울과 볼록 렌즈는 물체와의 거리가 가까우면 상은 물체보다 크고 똑바로 선 모습으로 보이고, 물체와의 거리가 멀면 물체보다 작고 거꾸로 뒤집어진 모습으로 보인다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

원시는 수정체를 통과한 빛이 망막에 상을 맺지 않고, 망막보다 뒤쪽에 맺는 시력 이상이다. 원시는 볼록 렌즈를 이용하여 물체의 상이 망막에 맺히게 하여 교정한다.




▶ **과학과 기술 연관 짓기**

굴절 망원경의 대물 렌즈에는 볼록 렌즈가 쓰인다. 반사 망원경에는 반사판으로 오목 거울이 쓰인다. 굴절 망원경은 같은 크기의 반사 망원경에 비해 뚜렷한 상을 볼 수 있지만 렌즈 제작비가 많이 든다. 반사 망원경은 같은 크기의 굴절 망원경에 비해 가격이 싼 편이지만 거울 면에서 반사할 때 빛의 세기가 줄어들어 상대적으로 빛이 적게 모이는 단점이 있다.

창의·인성 활동

보충·심화

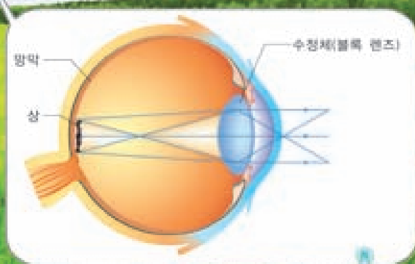
## 가장 가까이 있는 거울과 렌즈

영희와 철수가 서로 마주보고 서 있다. 철수를 보고 있는 영희의 눈동자를 들여다보면 눈동자 속에 철수의 모습이 비쳐 보인다. 이때 영희의 눈동자는 마치 볼록 거울과 같은 역할을 하여 철수의 모습을 철수에게 보여 준다. 그리고 영희의 눈동자 속 수정체가 마치 볼록 렌즈와 같은 역할을 하여 영희가 철수의 모습을 보게 된다. 이처럼 사람의 눈동자는 거울과 렌즈의 역할을 동시에 한다.

생활 주변에서 눈동자처럼 거울과 렌즈의 역할을 동시에 하는 것에는 무엇이 있는지 생각해 보자.



**영희 눈동자 속의 철수 모습**
영희의 안구가 볼록 거울의 역할을 하여 영희의 눈에 비친 철수의 모습을 철수가 볼 수 있다.




**영희가 보는 철수의 모습**
영희 눈동자 속의 수정체가 볼록 렌즈의 역할을 하여 영희가 철수를 보게 된다.

85

### 보충·심화

생활 주변에서 눈동자처럼 거울과 렌즈의 역할을 동시에 하는 것에는 도수가 있는 선글라스, 물이 가득 찬 어항 등이 있다. 선글라스나 물이 가득 찬 어항은 굴절 현상을 일으키기도 하고 물체의 모습을 반사시키기도 한다.

※ 질문을 통해 학생들이 창의 · 인성을 키울 수 있도록 지도한다.



### 역사 속의 과학

#### ❀ 안경의 발달

안경에 대한 최초의 기록은 기원전 약 2500년경에 물체를 확대해서 보기 위하여 유리나 석영을 사용하였다는 것이다. 최초의 안경은 손에 쥐거나 물체 위에 올려놓고 보는 것이었다. 그 후 13세기에 베네치아에서는 두 개의 렌즈를 조립한 안경이 만들어졌다.

15세기 중반에 인쇄기가 발명되면서 책의 보급이 활발해졌고, 안경의 필요성이 널리 퍼지게 되었다. 따라서 안경은 사람들의 눈에 맞게 만들어졌고 상점이나 거리의 행상에 의해 판매되었다.

18세기에 미국의 프랭클린(Franklin, B. : 1706~1790)은 근시와 원시의 두 가지 시력 이상을 극복하기 위하여 이중 초점 안경을 최초로 발명하였다.

그 후로도 플라스틱 렌즈나 콘택트렌즈의 개발 등 안경의 발달은 끊임없이 이어졌으며, 현대에는 생활의 필수품으로 자리 잡았다.



❹ 이중 초점 안경을 발명한 프랭클린

### 과학 자료실

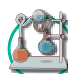
#### ❀ 수정체의 원근 조절

물체가 선명하게 보이려면 상이 정확하게 망막에 맺혀야 한다. 눈은 수정체의 초점 거리를 변화시킴으로써 서로 다른 거리에 있는 물체의 상을 망막에 맺힐 수 있게 한다.

초점 거리의 변화는 눈에 있는 섬모체 근육의 기능에 따라 달라진다.

정상적인 눈에서 멀리 있는 물체는 섬모체의 근육이 이완될 때 뚜렷한 초점을 맺는다. 가까운 물체의 상을 망막에 맺히게 하기 위해서는 섬모체 근육을 수축하여 수정체의 곡률 반지름을 줄임으로써 초점 거리를 감소시켜야 한다. 이러한 조절을 원근 조절이라고 한다.

한편, 나이가 듦에 따라 섬모체의 탄력이 줄어들어 나타나는 현상을 노안이라고 한다.



### 학습 자료실

#### ❀ 눈 속의 거울과 렌즈

(1) **눈 속의 거울** 사람의 눈동자를 들여다보면 마치 볼록 거울을 들여다볼 때처럼 상대방의 눈동자 속에 내 모습이 보이는 것을 관찰할 수 있다. 이 모습은 상대방 눈의 각막에서 반사된 빛에 의해 보이는 상이다.

(2) **눈 속의 렌즈** 눈 속에 들어간 빛은 수정체에서 빛이 굴절하여 망막에 상을 맺는다. 따라서 눈에는 수정체라는 볼록 렌즈가 있어서 실제로 광선이 모여 망막의 시각 세포를 자극한다.

# 2-1 파동의 발생과 종류

**| 학습 내용 안내 |**

(1) 우리 주변에서 관찰할 수 있는 여러 가지 파동의 종류를 안다.
(2) 파동은 매질의 진동을 통해 전파된다는 것을 이해하고, 진동 방향과 파동의 진행 방향에 따른 파동을 분류할 수 있다.
(3) 파동을 표시하는 요소를 안다.

**| 학습 전개 |**

- 주변에서 파동이라고 말할 수 있는 예를 찾아보게 한다.
- 다양한 파동의 매질을 알고, 파동에서 매질의 운동을 설명할 수 있게 한다.



- 용수철을 이용하여 횡파와 종파를 만들어 보게 한다.
- 횡파와 종파의 예를 들 수 있게 한다.



- 파동을 그래프로 나타내 보게 한다.
- 파동을 표시하는 기본 요소의 정의를 설명할 수 있게 한다.

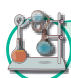
**효과적인 수업을 위한 Tip**

파동이 전달될 때 매질이 진동하는 것과 에너지가 전달된다는 개념을 다양한 예를 통해 알기 쉽게 설명한다.

**찾아보기**

- 서울특별시 과학 전시관 http://www.ssp.re.kr.
- 과학 교사를 위한 빛과 파동(2007), 김종복 외 저, 홍릉 과학 출판사
- 알기 쉬운 생활 속의 물리(2006), Louis A. Bloomfield 저, 물리 교재 편찬 위원회



**학습 자료실**

**❀ 파동의 발생과 전파**

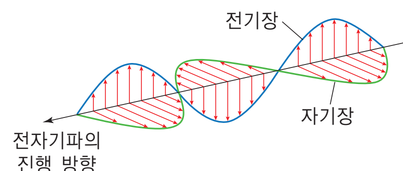
(1) **파동** 물질의 전달 없이 공간의 한 점에서 다른 점으로 에너지가 전달되는 현상이다.

(2) **매질에 따른 파동의 전파** 파동은 물과 같은 매질을 통해 전달되는 역학적 파동과 매질이 없어도 전달되는 전자기파로 나눈다.

① **역학적 파동**: 일상생활에서 흔히 접하는 파동으로, 파동의 기본적인 성질을 이해하거나 표시할 때 역학적 파동을 예로 든다.
예 물결파, 음파, 지진파

② **전자기파**: 매질이 없어도 전달되고 매질을 통해서도 전달되는데, 그 방식은 전기장과 자기장의 상호 유도라는 특별한 방식으로 전달된다.

- 전자기파는 전기장과 자기장의 진동 방향이 진행 방향에 수직한 횡파이다.




❷ 전기장과 자기장으로 이루어진 전자기파의 진행

파동의 발생과 전달

동요 중에 '퐁당퐁당'이라는 동요가 있다. 이 동요에는 물결파가 발생하여 전달되는 과정이 모두 담겨 있다.

퐁 당 퐁 당 돌 을 던 지 자 누 나 몰 래 돌 을 던 지 자

파동의 발생

냇 물 아 퍼 져 라 멀 리 멀 리 퍼 져 라

파동의 전달

건 너 편 에 앉 아 서 나 물 을 씻 는

우 리 누 나 손 등 을 간 질 여 주 어 라

이 동요에서처럼 물에 돌을 던지면 돌을 던진 곳의 물이 위아래로 진동하면서 주위로 퍼져 나간다. 이렇게 진동이 주위로 퍼져 나가는 것을 **파동**이라고 한다. 우리 주변에서 볼 수 있는 파동에는 빗방울에 의해 퍼져 나가는 물결파, 리듬 체조 선수의 리본, 지진, 소리, 빛 등이 있다.

용어 진동
물체가 평형 위치를 중심으로 왔다 갔다 하는 운동

❸ 그림 Ⅱ-32 우리 주변의 다양한 파동




2. 파동 89

## 과학 돋보기

### ❀ 펄스와 파동

**(1) 펄스와 파동의 의미**

- 펄스: 맥박처럼 짧은 시간에 생기는 진동 현상으로, 매질의 한곳에 한 번의 충격을 가하면 한 번의 진동이 매질을 따라 퍼져 나가는데, 이 진동 변화가 지나가는 파동을 펄스라고 한다.
- 파동: 매질 내의 한 점에서 생긴 매질의 진동 상태가 매질을 통해서 규칙적으로 퍼져 나가는 것을 말한다.

**(2) 펄스와 파동을 비교한 예**

| 펄스 | 파동 |
|---|---|
| 힘껏 닫은 방문에 의한 공기의 흔들림이 창문에 걸려 있는 커튼을 한 번 펄럭인다. | 방문을 규칙적으로 열고 닫을 때 커튼도 규칙적으로 진동을 한다. |
| 잔잔한 수면 위에 작은 돌을 떨어뜨렸을 때 동글게 퍼져 나가는 한 개의 원형 모양의 물결파 | 잔잔한 수면을 일정한 주기로 흔들 때 퍼져 나가는 물결파 |
| 리듬 체조 선수가 리본을 한 번 흔들 때 발생하는 파동 | 리듬 체조 선수가 리본을 일정한 주기로 계속 흔들 때 발생하는 파동 |

## 관련 지식

### ❀ 빛의 입자성과 파동성

태양으로부터 지구로 오는 빛은 진공 상태의 공간을 통해 전달된다. 이 현상은 빛이 입자의 흐름이라고 생각하는 입자성으로 설명할 수 있다(빛의 입자성은 광전 효과로 설명할 수 있다.).

또한 빛은 전자기파로, 전자기파는 매질이 없는 곳에서도 전달된다. 이것은 빛의 파동성으로 설명할 수 있다.

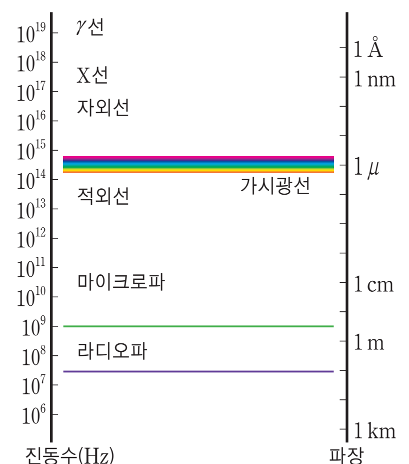
### ❀ 전자기파

**(1) 전자기파의 종류** 전자기파는 $\gamma$선, X선, 자외선, 가시광선, 적외선, 마이크로파, 라디오파 등으로 분류할 수 있는데, 파장이 짧을수록 파동의 에너지가 크다.

전자기파는 파장과 진동수에 따라 달라지며, 역학적인 파와는 달리 매질을 필요로 하지 않는다. 그리고 진공 중에서 모든 전자기파의 속력은 빛의 속력과 같은 초속 30만 km이다.

**(2) 전자기파의 발생** 전하를 띤 입자가 가속되거나 원자나 분자에 속박되어 있는 전자들이 더 낮은 에너지 상태로 전이할 때 발생한다.

AM 방송에서 사용하는 수백 kHz의 진동수나 FM 방송에서 사용하는 수백 MHz의 진동수의 라디오파는 방송국 안테나에서 전하를 띤 입자가 수백 kHz, 수백 MHz의 진동수로 진동하면서 만들어 내는 것이다.




❹ 전자기파의 종류

동요 '퐁당퐁당'에서 처음에 돌을 던진 곳의 물과 같이 진동이 처음 시작되는 곳을 **파원**이라고 한다. 파동은 파원의 모양에 따라 퍼져 나가는 모습이 달라진다. 예를 들면 잔잔한 수면의 한 곳을 손가락으로 진동시키면 동심원 모양의 물결파가 만들어지고, 긴 직선 막대를 이용하여 수면을 진동시키면 막대와 나란한 직선 모양의 물결파가 퍼져 나가는 것을 볼 수 있다. 이런 직선 모양의 파동은 바닷가로 밀려오는 파도의 모양에서 관찰할 수 있다.



❸ 그림 Ⅰ-33 물결파의 예

물결파가 물을 통해 퍼져 나가는 것처럼 파동을 전달해 주는 물질을 **매질**이라고 한다. 파동이 전달될 때 파동의 매질은 어떻게 운동하는지 알아보자.

**해 보기** 파동은 어떻게 전달될까? 실험

열 명 정도의 친구들이 나란히 선 다음 서로 팔짱을 끼고 한쪽 끝의 사람이 앉았다 일어서기를 반복해 보자.

※ 주의: 팔짱이 풀리지 않게 단단히 낀다.



|해석|

1 한쪽 끝의 사람이 앉았다 일어서기를 반복하는 동안 나머지 사람들은 어떤 운동을 하게 되는가?

2 먼 곳에서 이 모습을 보면 어떻게 보이는가?



## | 관련 지식 |

### ❀ 파원과 매질

(1) **파원과 매질** 파동이 처음 발생한 곳을 파원이라고 하고, 파동을 전달하는 물질을 매질이라고 한다.

(2) **파동에 따른 매질**

| 파동 | 물결파 | 용수철의 진동 | 지진파 |
|---|---|---|---|
| 매질 | 물 | 용수철 | 땅 |

① 소리의 매질은 공기나 물 또는 금속 등이며, 매질이 없으면 소리는 전달되지 못한다.

② 빛의 매질은 물이나 유리 또는 공기 등이며, 매질이 없는 진공에서도 빛은 전달된다.

**해 보기** 실험

|해석|

1 나머지 사람들도 앉았다 일어섰다 하는 운동을 한다.

2 멀리서 이 모습을 보면 마치 파도가 쳐서 파동이 전달되는 것처럼 보인다.

## 과학 자료실

### ❀ 도미노 게임

나무 도막이나 플라스틱 도막을 일정한 간격으로 세워 놓고 앞쪽에 있는 나무 도막 하나를 밀어 넘어뜨리면 나무 도막들이 차례대로 쓰러지는 게임을 말한다.

도미노 게임에서 맨 앞쪽에 있는 도막을 넘어뜨리면 그 뒤쪽에 세워져 있는 도막이 제자리에서 쓰러지면서 바로 다음 도막을 넘어뜨린다. 이 과정을 차례로 반복하면서 마지막의 도막을 넘어뜨리게 된다.

이와 같은 게임으로 매질의 진동과 파동의 전달 과정을 비유적으로 설명할 수 있다. 즉, 파원의 처음 진동이 이웃한 매질에 차례로 전달되는 과정이 파동임을 보일 수 있다.


❸ 도미노 게임

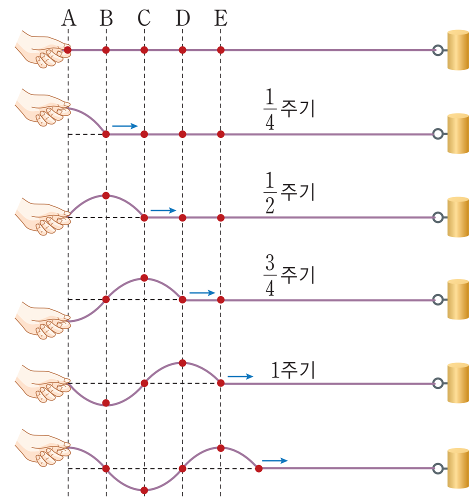
## 과학 돋보기

### ❀ 파동과 매질의 운동

오른쪽 그림과 같이 긴 줄의 한쪽 끝을 고정시키고 다른 쪽 끝을 위아래로 흔들면, 진동 상태가 줄을 따라 이동하면서 파동이 전달된다.

① 줄에 표시된 각 점들 A~E는 시간에 따라 위아래로만 진동하고, 파동은 진동 방향에 수직한 방향으로 진행된다는 것을 알 수 있다.

② 진동 상태를 같게 하여 일정한 시간 간격으로 흔들면 줄 위의 점들은 위아래로 계속 진동하면서 파동은 연속적으로 전달되어 나아간다.



❸ 줄에서의 파동의 진행

경기장의 관중석에서 파도타기 응원을 할 때 맨 끝에 있는 사람이 앉았다 일어서기를 반복하면 그 옆 사람도 이어서 앉았다 일어나기를 반복한다. 먼 곳에서 이런 광경을 보면 마치 파도가 점점 퍼져 나가는 것처럼 보인다. 하지만 응원을 하는 사람들은 각자 제자리에서 앉았다 일어서기만 반복할 뿐 옆으로 이동하지는 않는다.

이처럼 파동이 진행할 때에도 매질은 직접 이동하지 않고 제자리에서 진동만 한다. 이러한 현상은 호수 수면에 떨어진 공의 진동에서 볼 수 있는데, 공 주변에 물결을 만들어도 공은 제자리에서 위아래로 진동만 하고 이동하지 않는다.

스스로 해결하기
잔잔한 호수에 돌을 던지면 물의 진동이 생기고 (          )이/가 퍼져 나간다.

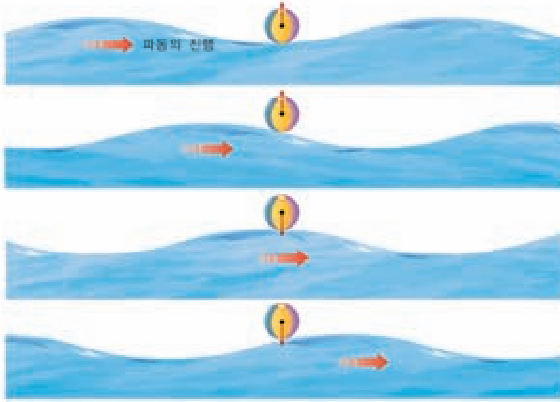



그림 Ⅰ-34 파동의 진행과 매질의 진동. 물결파가 오른쪽으로 퍼져 나가도 수면 위의 공은 물결을 따라 이동하지 않고 제자리에서 위아래로 진동만 한다.

그렇다면 파동에서 전달되는 것은 무엇일까? '퐁당퐁당' 동요에서 냇물을 통해 누나의 손등을 '간질여 주는 것'처럼 파동은 매질을 통해 에너지를 전달한다.

예를 들어, 바닷가에서 파도가 칠 때 항구에 있는 배가 출렁이는 것은 파동에 의해 에너지가 전달되기 때문이다. 또 지진파는 건물을 무너뜨리기도 하고, 불꽃놀이의 폭죽이 터질 때 나오는 소리가 주변 건물의 유리창을 흔들기도 한다. 이처럼 파동은 주위로 퍼져 나가면서 에너지를 전달한다.

잠깐 체크 파동이 진행될 때 전달되는 것은 무엇일까?



## 효과적인 수업을 위한 Tip

줄이나 용수철을 이용하여 파동의 진행 과정을 보여 줄 수 있다. 이때 손으로 흔드는 정도에 따라 파의 모양이 달라지는 것과 파동의 전달 속력은 줄이나 용수철의 종류에 따라 달라질 수 있다는 것을 알려 준다.

**스스로 해결하기**

잔잔한 호수에 돌을 던지면 물의 진동이 생기고 ( 파동 )이 퍼져 나간다.

**잠깐 체크**

파동이 진행할 때 매질은 진동하고, 매질을 통해 전달되는 것은 에너지이다.




### ❀ 파동 에너지

(1) **줄의 진동이 전달하는 에너지**  파동은 매질을 통하여 진행하면서 에너지를 전달한다. 팽팽한 줄의 한쪽 끝에 물체를 매달고 펄스를 보내면 줄을 따라 이동한 펄스가 물체를 위로 들어 올리는 일을 한다. 이것은 파동이 매질을 통해 물체에 에너지를 전달하여 물체가 일을 한 것이므로 파동이 에너지임을 보여 주는 것이다.

(2) **파동 에너지의 이용**  파동이 진행하다가 물체를 만나면 흡수되어 원래 파동이 갖고 있던 에너지가 물체 내부로 전달된다.

- 전자레인지에서는 전자기파의 한 종류인 마이크로파의 에너지가 음식 속에 있는 물 분자의 운동 에너지로 전달되어 음식을 데운다.
- 병원에서는 투과력이 좋은 X선을 이용하여 사진을 찍어 병을 진단한다.
- 태양 전지를 이용하면 태양의 빛에너지를 전기 에너지로 바꾸어 사용할 수 있다.



X선을 이용하여 촬영한 사진

## 관련 지식

### ❀ 에너지를 전달하는 두 가지 방법

에너지를 전달하는 방법에는 물체 또는 입자의 운동을 통한 방법과 파동을 통한 방법이 있다.

운동하는 물체가 가지는 운동 에너지나 높은 곳에 있는 물체가 가지는 중력에 의한 위치 에너지와 같이 물체는 에너지를 전달하는 매개체이다. 이와는 달리 파동은 물체의 이동을 통해 에너지를 전달하지 않고 매질이라는 물체의 진동을 통해 에너지를 전달한다.

### ❀ 파동 에너지의 세기

파동 에너지는 진폭과 진동수의 제곱에 비례한다.

$$\text{파동 에너지의 세기} \propto (\text{진폭})^2 \times (\text{진동수})^2$$

예를 들어 바다에서 밀려오는 파도의 높이가 높을수록 파도의 에너지는 커지며, 같은 진폭의 소리라도 높은 진동수의 소리는 낮은 진동수의 소리보다 에너지가 크다.

## 효과적인 수업을 위한 Tip

물결파에서 물 입자가 실제로는 원운동이나 타원 운동을 한다고 하더라도 물결파는 횡파로 분류하도록 하여 혼란을 주지 않도록 유의한다.

## 잠깐 체크

파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 서로 수직인 파동을 횡파라고 한다.

## 과학 자료실

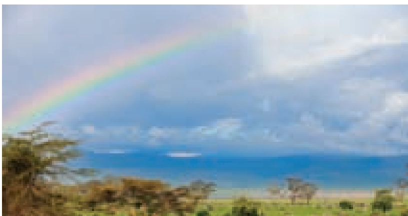
### ❀ 우리 생활 속 횡파와 종파

빛을 비롯한 전자기파는 횡파로서, 파장에 따라 전파, 적외선, 가시광선, 자외선, X선 등으로 나뉜다.

소리(음파)는 종파의 대표적인 예로, 사람이 들을 수 있는 진동수는 약 20~20,000 Hz이다. 그리고 진동수가 20,000 Hz 이상인 음파를 초음파라고 한다.



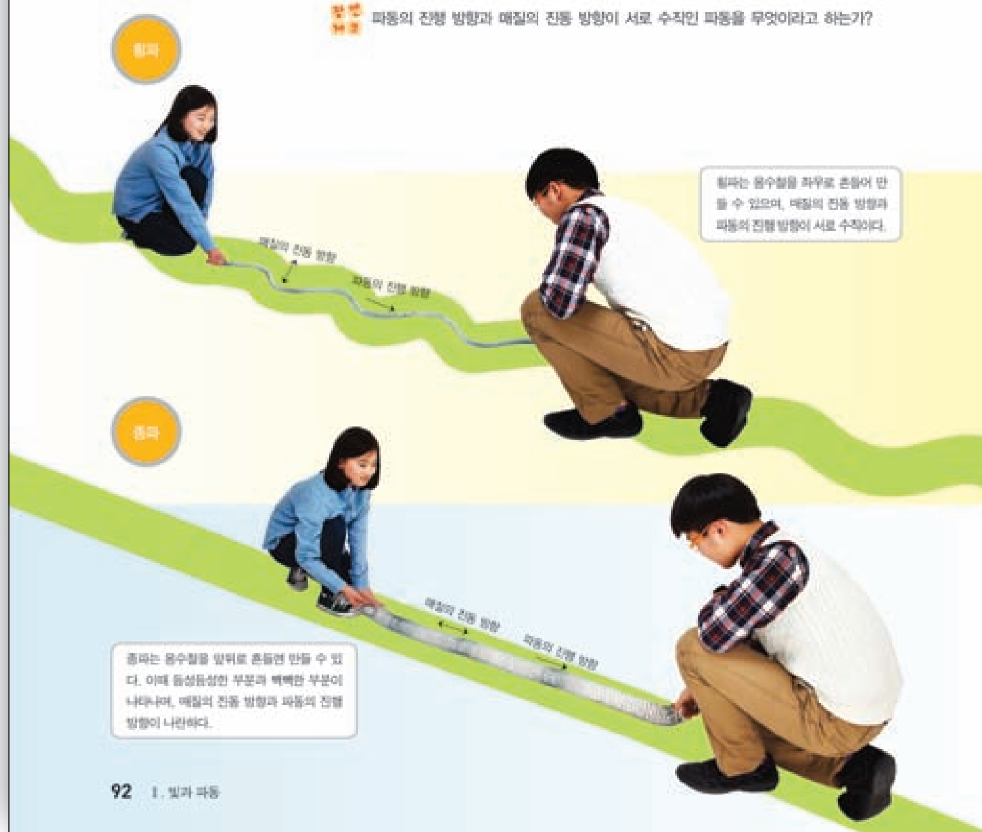
❸ 전파(횡파)



❸ 가시광선(횡파)



❸ 초음파(종파)



**파동의 종류와 표시**

파동은 매질을 통해 전달되는 파동과 매질이 없이도 전달되는 파동으로 나눌 수 있다.

물결파, 음파, 지진파 등은 진동이 매질을 통해 전달되어 나아가는 파동이고, 빛이나 텔레비전 방송용 전파와 같은 전자기파는 매질이 없이도 전달되는 파동이다.

또한 파동은 매질의 진동 방향이 파동의 진행 방향과 서로 수직인 **횡파**와 매질의 진동 방향이 파동의 진행 방향과 서로 나란한 **종파**로 나뉘기도 한다.

횡파에는 물결파나 빛, 지진파의 S파, 휴대 전화, 텔레비전, 라디오 등에 사용되는 전파가 있고, 종파에는 음파나 지진파의 P파가 있다.

잠깐 체크 파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 서로 수직인 파동을 무엇이라고 하는가?



92 Ⅰ. 빛과 파동

## 과학 돋보기

### ❀ 횡파와 종파

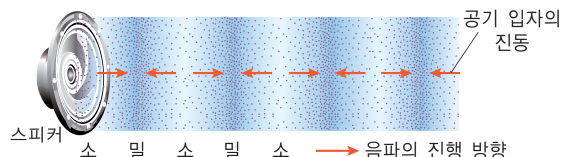
(1) **횡파** 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 수직인 파동을 횡파라고 하며, 횡파는 높아지는 부분과 낮아지는 부분이 생기므로 고저파라고도 한다.

(2) **종파** 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란한 파동을 종파라고 하며, 종파는 매질의 간격이 소한 부분(성긴 부분)과 밀한 부분(빽빽한 부분)이 생기므로 소밀파라고도 한다.

## 학습 자료실

### ❀ 스피커에서 나온 음파의 진행

스피커에서 발생하는 소리는 스피커에 있는 진동판이 계속 진동하여 공기층을 밀고 당기기 때문에 밀한 부분과 소한 부분이 반복하여 나타나게 된다.





❸ 음파의 진행

파동을 표시하는 첫 번째 방법은 어느 한 순간에 파동의 모양을 표시하는 것이다. 물결파를 예로 들면, 물결파는 진행하면서 볼록하게 높은 곳과 오목하게 낮은 곳이 일정하게 반복된다.

이때 볼록하게 가장 높이 올라온 부분을 **마루**, 오목하게 가장 낮게 내려간 부분을 **골**이라고 한다.

또한 마루에서 이웃한 마루까지의 거리 또는 골에서 이웃한 골까지의 거리를 **파장**이라 하고, 진동 중심에서 마루까지의 거리나 진동 중심에서 골까지의 거리를 **진폭**이라고 한다.

이렇게 진행하는 파동의 순간적인 모습을 그래프로 나타내면 거리에 따라 진동 중심으로부터 매질의 위치를 알 수 있다. 이 그래프를 통해 파동의 파장과 진폭을 알 수 있다.

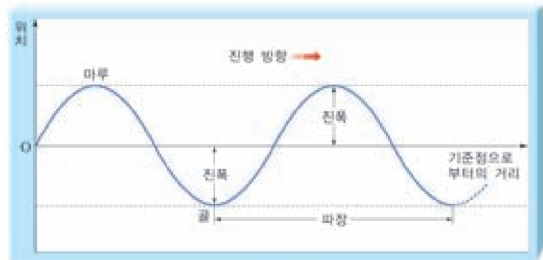
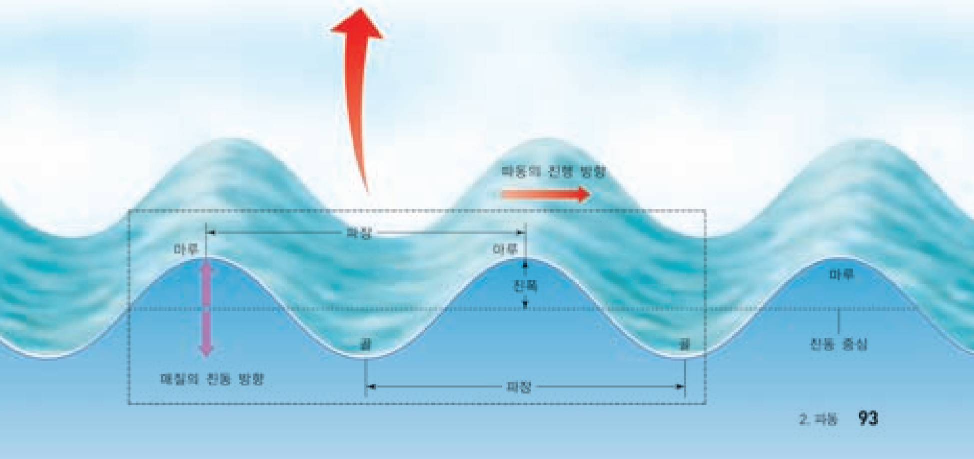



그림 Ⅱ-35 매질의 진동 모습을 나타낸 그래프_ 거리에 따라 어느 순간 매질이 얼마나 진동 중심으로부터 떨어져 있는지 나타낸 그래프이다.




2. 파동 93

## 보충 학습 파형의 결정

줄을 흔들어 만드는 파동의 모양은 줄을 흔드는 손의 운동에 따라 달라진다. 즉, 위아래로 움직이는 속력과 흔들어 주는 폭(진폭)을 얼마나 크게 하는가에 따라 파형이 달라진다.

그러나 파동의 속력을 결정하는 것은 손의 운동이 아니라 줄의 성질이다. 즉, 무겁고 두꺼운 줄인지 가볍고 얇은 줄인지에 따라 파동의 속력이 달라진다.

## | 용어 설명 |

**마루와 골** 파동에서 가장 높은 부분을 마루, 가장 낮은 부분을 골이라고 한다.

**파장** 인접한 마루와 마루, 골과 골 사이의 거리로, 파동이 한번 진동하는 동안 이동한 거리이다.

**진폭** 진동의 중심에서 마루나 골까지의 거리로, 변위의 최댓값이다.

**사인곡선** 사인 함수를 나타내는 그래프로, 단순한 물결 모양을 나타내며 360°만큼 변할 때마다 같은 상태를 반복한다.

## 과학 돋보기

### ❀ 파동의 표시

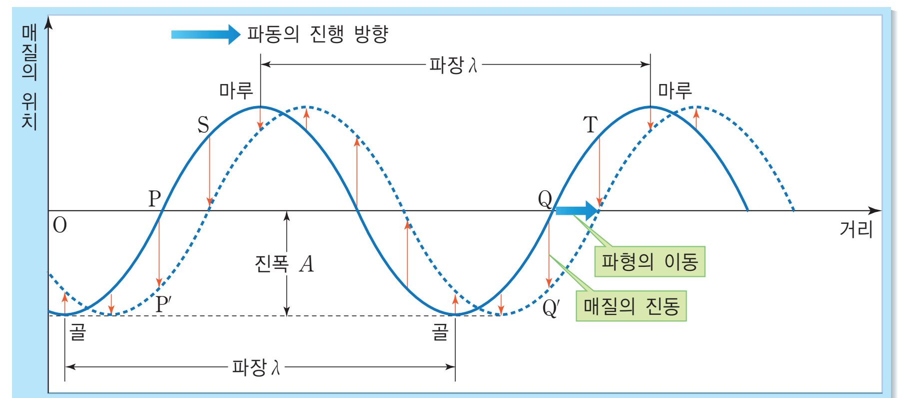
(1) **파동의 표시** 기준점으로부터의 거리에 따른 매질의 위치 변화, 즉 두 변위 사이의 관계를 나타낸 곡선을 파형이라고 하며, 일반적으로 사인(sin) 곡선으로 나타낸다.

(2) **파동의 진행 원리**

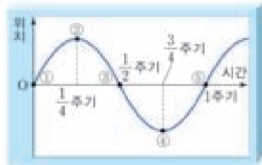
① 파형이 오른쪽으로 이동하는 파동의 진행을 보기 위해서 어느 순간의 파형과 시간이 조금 지나 오른쪽으로 이동한 파형을 함께 그려 보면 파동의 이동에 따른 매질의 운동을 한눈에 비교할 수 있다.

② 오른쪽 그림에서 점 P와 Q, 점 S와 T같이 같은 시각에 동일한 운동 상태에 있는 점들은 위상이 같다고 한다.

따라서 위상이 같은 인접한 두 점 사이의 거리는 파장이 된다. 파동이 진행하여 시간이 조금 경과한 후에는 매질의 점 P와 Q의 위치가 점선 위의 P′와 Q′로 이동한 모습이 된다. 이와 같이 파동이 전파할 때 매질의 각 지점은 평형 위치를 중심으로 진동한다.

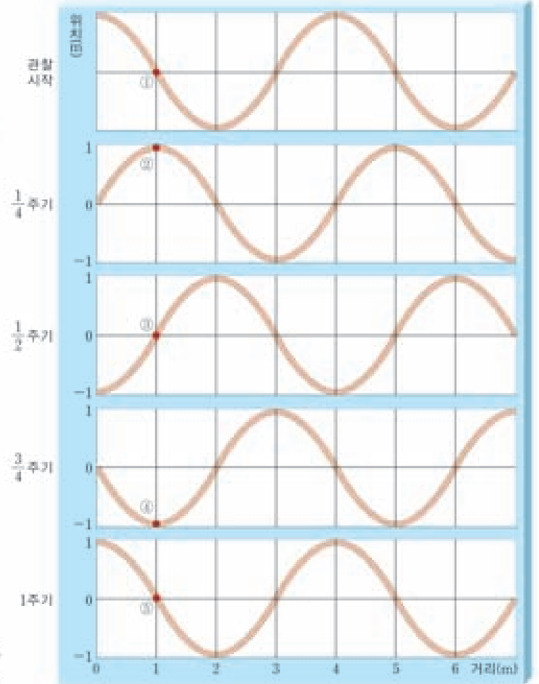



❷ **거리에 따른 매질의 위치 그래프**_ 파동의 진폭과 파장을 알 수 있다.

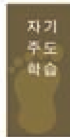



◎ 그림 Ⅰ-36 매질의 어느 한 점의 시간에 따른 위치_오른쪽 그림에서 줄 위에 표시된 점의 높낮이를 시간에 따라 나타내면 주기, 진동수, 진폭을 알 수 있다.

파동을 표시하는 또 다른 방법은 매질의 어느 한 점의 위치를 시간에 따라 나타내는 것이다. 이렇게 하면 파동의 **주기**와 **진폭**을 알 수 있다. 파동이 진행할 때 매질의 각 점은 일정한 시간 간격으로 진동하는데, 매질이 한 번 진동하는 데 걸린 시간을 주기라고 하고 단위는 주로 초를 사용한다. 1초 동안 매질이 진동한 횟수를 **진동수**라고 하며 단위는 Hz(헤르츠)를 쓴다. 진동수는 $\frac{1}{주기}$인 관계가 있다.




◎ 그림 Ⅰ-37 시간에 따른 파동의 모습_줄의 파동을 $\frac{1}{4}$주기 간격으로 나타낸 그림이다.


자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 응용 문제 해결하기 | 과학과 생활 연관 짓기 |
| --- | --- | --- |
| 매질의 어느 한 점의 시간에 따른 위치를 나타낸 그래프에서 알 수 있는 것은 무엇인가? | 파장과 주기를 알고 있는 파동의 속력은 어떻게 구할 수 있을까? | 바다에서 지진이 발생했을 때 지진 해일이 함께 일어나는 이유를 알아보자. |

94 Ⅰ. 빛과 파동

## 과학 자료실

❀ **헤르츠**(Hertz, H. R.; 1857~1894)

헤르츠는 독일의 물리학자로, 1857년 독일의 함부르크에서 태어나 베를린 대학의 헬름홀츠에게 지도를 받고 물리학 박사 학위를 받았다. 1885년 맥스웰의 전자기 이론에 관심을 갖기 시작하였고, 대학에서 물리학 교수로 있으면서 빛이 전자기파임을 실험적으로 확인하여 맥스웰의 고전 전자기파 이론을 증명하였다. 진동수(주파수)의 단위인 Hz는 헤르츠의 이름에서 따온 것이다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

시간에 따라 매질의 한 점이 움직인 위치를 나타낸 그래프로부터 파동의 주기와 진동수, 진폭을 알 수 있다.

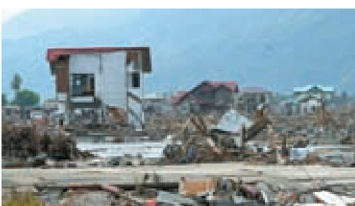
▶ **응용 문제 해결하기**

파장은 진동 모양이 반복되는 매질 사이의 거리(마루와 마루 사이 또는 골과 골 사이 거리)이고, 파동의 주기는 매질의 한 점이 한 번 진동하는 데 걸린 시간이다. 따라서 파장을 주기로 나누면 파동이 매질을 따라 이동하는 속력을 구할 수 있다.

$$파동의\ 속력 = \frac{파장}{주기} = 진동수 \times 파장$$

▶ **과학과 생활 연관 짓기**

바닷속에서 지진이 일어나면 지각 변동으로 해수가 상하로 진동하고, 그것이 대규모의 파동이 되어 퍼져 나아간다. 이때의 파동은 심해에서의 파장과 비교하여 진폭(파고)이 작아 눈에 잘 띄지 않지만, 해안 근처의 얕은 곳에서는 갑자기 커져서 해안가에 큰 피해를 입힌다.

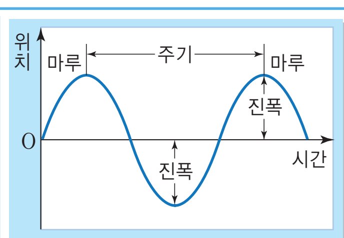


◎ 지진 해일의 피해

## 관련 지식

❀ **주기와 진동수**

| 구분 | 내용 |
| --- | --- |
| 주기 | 매질의 한 점이 한 번 진동하는 데 걸리는 시간 또는 파동이 한 파장만큼 진행하는 데 걸리는 시간 |
| 진동수 | 매질의 한 점이 1초 동안 진동하는 횟수 |
| 주기와 진동수 | 주기와 진동수는 서로 역수의 관계에 있다.<br>$주기 = \frac{1}{진동수}$ |




◎ 위치-시간 그래프

❀ **주기와 진동수를 이용하여 파동의 속력 구하기**

운동하는 물체의 속력을 $\frac{이동\ 거리}{걸린\ 시간}$로 구할 수 있듯이, 파동의 속력도 같은 과정으로 구할 수 있다. 파동은 1주기 동안 1파장만큼 이동하므로 파동의 속력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$파동의\ 속력 = \frac{파장}{주기} = 파장 \times 진동수$$

보충·심화

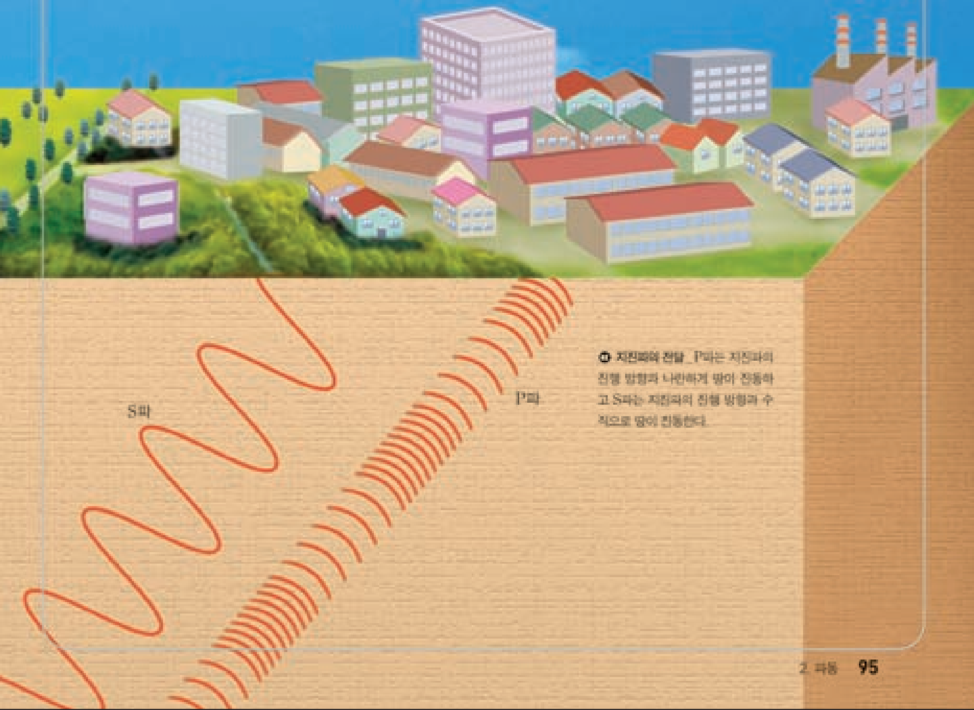
# 지진파에도 횡파와 종파가 있다!

2011년에 일본 대지진으로 발생한 해일은 순식간에 일본 동북부의 후쿠시마 지역을 폐허로 만들었다. 이렇듯 지진이 발생하면 인명과 재산 등에 많은 피해를 준다. 자연이 만드는 이 거대한 현상은 어떻게 생긴 것일까?

지진은 여러 가지 원인에 의한 땅속의 진동으로 발생하며, 이 진동은 지진파의 형태로 지표면까지 전달된다. 지진파에는 P파와 S파가 있는데 P파는 종파이고 S파는 횡파이다.

P파는 진행 방향으로 땅속 지각을 진동시키면서 지표면에 도달한다. 따라서 P파가 지표면 바로 아래에 도달하면 지표면에서는 세로 방향의 진동을 느낀다. S파는 진행 방향과 수직 방향으로 땅속 지각을 진동시키면서 지표면에 도달한다. 따라서 S파가 지표면 바로 아래에 도달하면 지표면에서는 가로 방향의 진동을 느낀다. S파는 P파보다 지표면에 늦게 도달하지만 가로 방향으로 진동하기 때문에 더 많은 피해를 준다.

이러한 지진파의 피해를 줄이기 위해 건물을 지을 때에는 여러 가지 방법으로 내진 설계를 해야 한다.




❶ 지진파의 전달_P파는 지진파의 진행 방향과 나란하게 땅이 진동하고 S파는 지진파의 진행 방향과 수직으로 땅이 진동한다.

2 파동 95

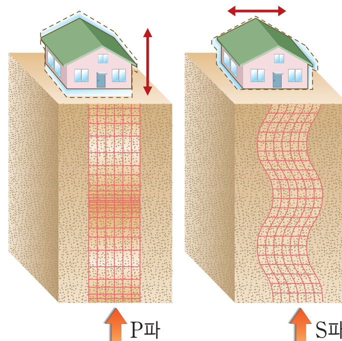



## ❀ 지진파

(1) **지진파의 발생** 지진이 일어날 때, 지진의 진원에서 에너지의 갑작스런 방출이 일어난다. 방출된 에너지는 지진파로서 진원으로부터 퍼져 나간다. 진앙은 이 진원으로부터 지름 방향 위쪽의 지표면의 한 점이다.

(2) **지진파의 성질과 종류**

북을 치면 북소리가 모든 방향으로 퍼지는 것처럼, 지진이 발생하면 그 진동이 지진파의 형태로 사방으로 퍼져 나간다. 지진파는 크게 P파(primary wave)와 S파(secondary wave), 표면파(surface wave)로 나뉜다. P파와 S파는 지각 내부를 통과해 전달되는 파로, P파는 파의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 같고 S파는 파의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 수직하다. 표면파는 지표면을 따라 파가 전달되어 지진이 발생하면 큰 피해를 입힌다.




❷ 지진파에 따른 건물의 흔들림 방향

보충·심화

## ❀ 지진 해일(Tsunami; 쓰나미)

육지뿐만 아니라 해저나 해안 가까운 곳에서 지진이 발생하면 지진파가 대규모 파도를 일으키게 되는데, 이를 지진 해일이라고 한다. 일본은 3개의 판이 만나는 지점으로 그동안 크고 작은 지진들이 빈번히 있었고, 중국 또한 지진의 피해가 조금씩 있었다. 하지만 한반도는 그에 비해 안전한 곳에 위치하고 있어 비교적 안전지대로 여겨 왔다. 그러나 일본에서 일어난 크고 작은 지진들이 우리나라 동해안에 영향을 끼친다는 것은 사실이다. 한국지질자원 연구원에 따르면 일본의 북서쪽에서 큰 지진이 발생한다면, 그 여파가 우리나라 동해안까지 미쳐 큰 피해를 줄 수 있다고 한다. 특히 동해안은 한반도의 세 바다 중 수심이 가장 깊고 해안선이 단조로워서 지진 해일이 일어난다면, 더 높은 파도가 발생하여 큰 피해를 입을 수 있다.

메가 쓰나미라는 말이 있다. 보통 높이가 10 m 정도인 쓰나미보다 약 50배 이상인 메가 쓰나미는 파장이 매우 길다. 이 때문에 해안선에서 사라지지 않고 엄청난 힘으로 해안선을 밀고 들어와 도시 전역에 큰 피해를 입힐 수 있다. 2004년 12월 26일에 발생한 인도네시아 수마트라 지진 해일은 동남아시아는 물론 멀리 아프리카 동해안에까지 피해를 주었다. 우리나라 국민 20명을 포함한 약 30만 명의 인명 피해뿐만 아니라 100억 달러 이상의 막대한 재산 피해가 발생해 지진 해일에 대한 세계적인 경각심을 고조시킨 바 있다.



❸ 지진 해일(일본 후쿠시마)

# 2-2 파동의 반사와 굴절

## | 학습 내용 안내 |

(1) 물결파 실험 장치를 통해 물결파가 장애물을 만나거나 물의 깊이가 달라지는 곳에서 어떻게 나아가는지를 관찰한다.

(2) 파동이 진행하다가 반사될 때 반사 법칙에 따라 진행하는 것을 알고, 파동이 굴절하는 이유와 굴절 법칙을 이해한다.

(3) 우리 주변에서 파동의 반사와 굴절 현상을 이용한 예를 찾는다.

## | 학습 전개 |

물결파 실험 장치의 실험을 통해 파동의 진행, 반사, 굴절 현상을 관찰할 수 있게 한다.

↓

파동의 반사 원리를 파면과 파동이 진행하는 그림으로 나타내어 이해하게 하고, 파동의 반사 현상을 이용한 예를 들 수 있게 한다.

↓

파동의 굴절 법칙을 그림을 통해 이해하게 하고, 파동의 굴절 현상을 이용한 예를 들 수 있게 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

빛이나 파동이 진행할 때 나타나는 현상을 다양한 실험을 통해 시각적으로 보여 주는 것이 좋다.

### 찾아보기

- 사이언스올 http://www.scienceall.com
- 알기 쉬운 물리학 강의(2002), Paul G. Hewitt, 공창식 외 저, 청범 출판사
- 과학 교사를 위한 빛과 파동(2007), 김중복 외 저, 홍릉 과학 출판사)



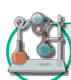
2-2 파동의 반사와 굴절

학습 목표
- 파동의 반사와 굴절 현상의 원리를 말할 수 있다.
- 우리 주변에서 파동의 반사와 굴절 현상을 이용한 예를 찾을 수 있다.

건축물을 지을 때에는 단순히 기능만 생각하지 않고 아름다움을 생각하여 짓기도 하고, 특별한 요소를 건축물에 포함시키기도 한다. 영국의 런던에 있는 세인트폴 대성당 안에는 '속삭임의 회랑'이라는 특별한 곳이 있다. 여기에는 돔 모양의 천장 아래에 원통형 벽이 있고, 그 벽을 따라 통로가 있다. 중앙은 비어 있으며, 원형 통로의 반대쪽은 30 m 정도 떨어져 있다. 이 벽의 근처에서 작은 소리를 내면 신기하게도 30 m 정도 떨어진 반대쪽에서도 그 소리가 들린다. 이것은 말소리가 벽에서 반사되어 나아가기를 반복하여 원형의 벽을 따라 계속 진행하기 때문이다.

이와 같이 파동이 진행할 때 장애물을 만나거나 서로 다른 매질을 만나면 어떻게 나아가는지 자세히 알아보자.





## 학습 자료실

### ❀ 파동의 파면과 파동의 진행

**(1) 파면에 따른 파동의 분류** 파동에서 위상이 같은 점들을 연결한 선이나 면을 파면이라고 한다. 파면은 마루를 이루는 점들을 연결하여 나타낼 수 있고, 골을 연결하여 나타낼 수도 있다. 파면의 형태에 따라 파동을 평면파와 구면파로 구분할 수 있다.

- 평면파: 파면이 평면일 때를 평면파라고 하는데, 물결파 실험 장치에서 막대자로 수면을 진동시켜 만들 수 있으며, 바다에서 해안으로 밀려오는 파도의 예를 들 수 있다.
- 구면파: 파면이 구형일 때를 구면파라고 하는데, 잔잔한 수면에서 손가락을 물에 담갔다가 뺐을 때 나타나는 물결파나 촛불 주변으로 불빛이 공간으로 퍼져 나가는 것을 예로 들 수 있다.

**(2) 파면과 파동의 진행**

① 파동의 진행 방향은 항상 파면에 수직하다.

② 구면파의 파면은 곡선이므로 구면파에서는 파면의 한 점에 접선을 그으면 접선에 수직한 방향이 파동의 진행 방향이 된다.

③ 구면파는 파원으로부터 거리가 멀어질수록 세기가 약해진다.



## 탐구 활동 | 파동의 성질 관찰하기 | 실험 · 관찰

**목·표**

물결파 실험 장치를 통하여 파동의 성질을 관찰할 수 있다.

**준·비·물**

물결파 실험 장치, 물, 자(30 cm)

**⚠ 유·의·점**

1. 물의 깊이가 일정하도록 물결통을 수평이 되게 한다.
2. 물결파 실험 장치를 작동시켜, 투영판에 물결 무늬가 잘 보이도록 조정한다.
3. 물결파가 만들어지는 초기에 관찰한다.
4. 물결파 실험 장치의 전기 장치가 물에 닿지 않게 주의한다.

**과정**

❶ 물결파 실험 장치를 설치하고 물의 높이가 물결통의 절반 정도 되도록 물을 채운다.

❷ 물결통에 장애물을 놓고 직선파를 발생시킨 후 물결파가 나아가는 모습을 관찰한다.

❸ 물결통에 아크릴판을 잠기게 하여 물의 깊이를 다르게 한 다음 직선파를 발생시켜 물결파가 나아가는 모습을 관찰한다.










**결과**

과정 ❷와 ❸에서 물결파가 나아가는 모습을 각각 그림으로 그려 보자.







**탐구도우미**

물결파의 진행 모습을 동영상으로 찍어서 관찰한다.

**해석**

1 물결파는 장애물의 표면에서 어떻게 나아가는가?

2 과정 ❸에서 아크릴판을 물에 잠기게 하는 이유는 무엇인가?



## 과학 돋보기

### ❀ 물결파의 관찰

(1) **물결파 실험 장치** 물 위에 빛을 비추어 투영된 빛을 통해 파동의 진행을 관찰하는 장치이다.

(2) **물결파의 파장** 파원을 진동시켜 물결파가 진행할 때 마루가 되는 부분은 위로 볼록한 모양으로 볼록 렌즈와 같은 역할을 하여 빛을 모으게 되므로 스크린에 밝게 나타난다. 또한 골이 되는 부분은 오목 렌즈와 같이 빛을 밖으로 퍼지게 하여 스크린에 어둡게 나타난다.

따라서 스크린에서 이웃한 밝은 부분 사이의 거리가 물결파의 파장이 된다.

❻ 물결파 실험 장치를 이용한 굴절 실험

(3) **물결파의 굴절** 물결통에 아크릴판을 잠기게 하여 물의 깊이를 얕게 하면 아크릴판 위를 진행하는 물결파의 속력은 아크릴판과의 마찰로 인해 느려진다. 즉, 얕은 물과 깊은 물은 서로 다른 매질이 되는 것이므로 경계면에서 파동이 굴절하게 된다. 진행하던 물결파가 아크릴판 위를 지날 때 파장이 짧아지는 것을 관찰할 수 있다.

## 탐구 활동 | 실험 · 관찰

### | 목표 |

물결파 실험 장치를 이용하여 반사와 굴절 현상을 관찰할 수 있다.

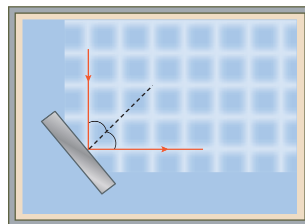
### | 원리 설명 |

1 잔잔한 물에 빛을 비추면 스크린에는 아무런 무늬가 나타나지 않는다.

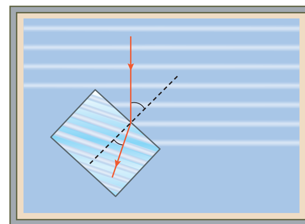
2 직선파를 발생시키면 마루와 골이 만들어져서 물의 두께가 달라지므로 투과하는 빛의 양에 차이가 생겨서 스크린에는 밝고 어두운 명암 무늬가 나타난다.

### | 결과(예시) |

1 과정 ②의 결과



2 과정 ③의 결과



### | 해석 |

1 물결파는 장애물의 표면에서 반사하여 나아간다. 이때 장애물의 표면에 법선을 그으면 물결파는 빛의 경우와 같이 입사각과 반사각이 같다.

2 물결파는 물의 깊이가 달라지는 경계에서 굴절한다. 따라서 아크릴판을 물에 잠기게 하는 이유는 물의 깊이를 다르게 하여 물결파가 굴절하게 하기 위한 것이다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

물결파의 진행 모습을 동영상으로 찍어서 관찰하면 반사나 굴절하는 순간의 모습을 명확하게 관찰할 수 있다.

물결파가 진행하는 모습을 관찰하면 마루와 골이 주기적으로 나타난다. 또한 물결파는 나아가다가 장애물에 부딪히면 되돌아 나아가고 물의 깊이가 달라지면 그 경계면에서 진행 방향이 꺾여 나아간다. 이처럼 파동이 장애물을 만나 되돌아 나아가는 현상을 **파동의 반사**라 하고, 성질이 다른 매질을 만났을 때 진행 방향이 꺾이는 현상을 **파동의 굴절**이라고 한다.

**이미지 사이언스 초음파를 이용하는 생물**

파동의 반사를 이용하여 먹이를 사냥하거나 서로 의사소통을 하는 동물들이 있다. 대표적인 예로는 박쥐와 돌고래가 있다.

박쥐는 빛을 겨우 느낄 정도의 시력을 지니고 있어서 초음파를 내보낸 뒤 반사되어 나온 초음파로 장애물이나 먹이의 위치, 이동 방향 및 속도를 알아낸다. 이런 방법을 통해 박쥐는 어둠 속에서도 길을 잃지 않고 방향을 잘 잡으며 먹이도 쉽게 잡는다.

돌고래도 박쥐와 마찬가지로 초음파를 내보낸 뒤 반사되어 나온 초음파로 먹이의 위치를 찾는다. 또한 돌고래는 초음파를 이용하여 서로 대화를 하고 자신의 위치나 주변 상황을 정확히 알 수 있다.

이러한 초음파는 우리 주변에서도 의료용, 산업용 등 여러 가지 분야에서 유용하게 쓰이고 있다.

98 Ⅰ. 빛과 파동

## | 용어 설명 |

**파원** 진동을 일으키는 물체나 장소같이 파동이 처음 만들어진 곳을 파원이라고 한다.

**초음파** 가청 진동수가 약 20 kHz 이상의 음파이다. 진동수가 높고 강도가 보통 음파보다 크고 파장이 짧아 방향성이 있는 음속을 얻을 수 있다. 초음파를 이용하여 물체 내부 구조의 정확한 측정이 가능하다.

## 과학 자료실

### ❀ 음파를 이용하는 동물

대부분의 포유류는 사람보다 높은 진동수의 소리를 들을 수 있다.

(1) **개** 가청 진동수가 40~60,000 Hz 정도로 사람에게는 들리지 않는 높은 진동수에도 반응한다.

(2) **박쥐** 20,000~100,000 Hz 정도의 높은 진동수의 음파를 지속적으로 들음으로써 어두운 공간에서 장애물의 위치를 파악하고 모기와 같은 작은 먹이를 잡아 먹는다.

(3) **돌고래** 150,000 Hz 정도의 진동수를 이마에 있는 기관에서 발생시켜 두 귀로 반사되어 돌아오는 반사파의 시간과 위상 차이를 탐지하여 먹이의 위치와 움직임을 정확히 알아낸다.

## | 관련 지식 |

### ❀ 하위헌스의 원리

(1) **하위헌스의 원리** 파동이 진행할 때 진동하는 매질의 각 점은 독립적으로 구면파를 만든다. 그리고 어느 순간 같은 파면 상에 있는 모든 점들이 만드는 수많은 구면파에 공통으로 접하는 면이 다음 순간의 새로운 파면이 되는데 이러한 과정을 반복하여 파동이 전파된다는 이론을 하위헌스의 원리라고 한다.

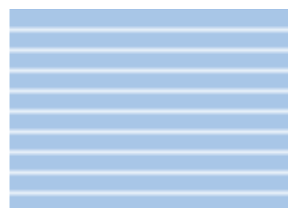
(2) **파동의 진행 과정**

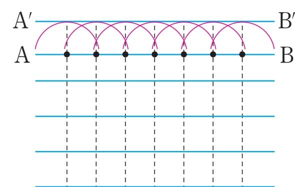
① 하위헌스의 원리를 이용하면 평면파와 구면파가 공간으로 퍼져 나가는 과정을 이해할 수 있다.

② 파동이 진행할 때 매질 내의 각 점은 파원과 같은 진동수로 진동한다.

③ 그림에서와 같이 파면이 AB에 도달하면 그 순간 AB 상의 모든 점들이 새로운 파원이 되며, 이 점들로부터 나온 구면파가 겹치면서 새로운 파면 A′B′를 만든다. 이러한 과정을 반복하면서 파동이 전달된다.

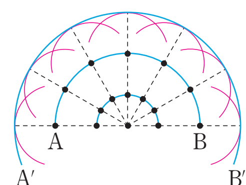
④ 하위헌스의 원리를 이용해 파동의 진행 및 파동의 반사, 굴절, 간섭 등의 현상을 설명할 수 있다.






❸ 평면파






❹ 구면파

파동이 진행하다가 반사될 때 반사된 파동의 모양은 입사파의 모양과 같다. 즉, 입사파가 직선파이면 반사파도 직선 모양이고 입사파가 원형파이면 반사파도 원형 모양이다. 또, 빛과 마찬가지로 파동이 반사될 때 입사각과 반사각의 크기는 항상 같다.

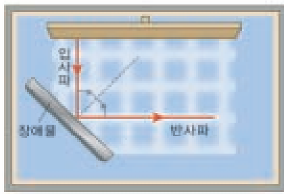


그림 Ⅱ-38 직선 모양 파의 반사

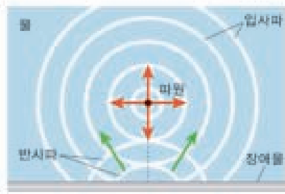
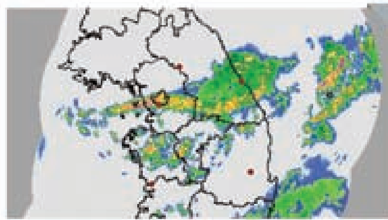


그림 Ⅱ-39 원형 모양 파의 반사

우리는 파동의 반사 현상을 적절히 이용하기도 한다. 예를 들어 방파제, 자동차의 후방 감지기, 기상 레이더, 초음파 진단 장치, 어군 탐지기 등은 파동의 반사 현상을 이용한 것들이다.


그림 Ⅱ-40 후방 감지기_ 장애물로 보낸 초음파가 반사되어 되돌아 나오는 것을 감지하여 자동차 후방의 장애물을 감지한다.


그림 Ⅱ-41 기상 레이더_ 구름에 전파를 발사시키고 다시 구름에서 반사되는 전파를 감지하여 비구름의 위치와 두께 및 이동 속도를 관측한다.

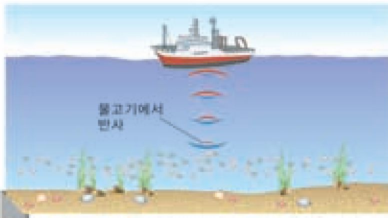


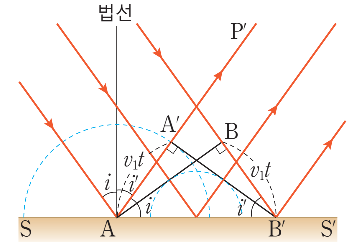
그림 Ⅱ-42 어군 탐지기_ 배에서 초음파를 내보내고 물고기 떼에서 반사된 초음파를 감지한다.


그림 Ⅱ-43 무향실_ 흡음재를 이용하여 소리의 반사를 차단한 방이다.

2. 파동 99

**참고 자료** 하위헌스의 원리와 반사 법칙

① 그림과 같이 입사파의 파면 AB가 면 SS′에 입사한다. 이때 B점에서 B′로 파동이 진행하는 동안에 A점에서 발생한 구면파는 A′에 도달한다.



하위헌스의 원리

② 반사면 AB′ 상의 각 점에서 조금씩 늦게 반사되어 나오는 각 구면파에 접하는 직선을 그으면 평면 A′B′는 반사파의 파면이 된다.

③ 반사파는 파면 A′B′에 수직한 방향으로 진행한다. 즉 AP′의 방향으로 진행한다. 여기에서 △ABB′과 △B′A′A는 합동이다. 그러므로 ∠B′A′A=∠ABB′이다. 즉, 입사각 $i$와 반사각 $i'$는 서로 같다.




## 파동의 반사

**(1) 파동의 반사**

① 입사파가 평면파이면 반사파도 평면 모양이고, 입사파가 원형파이면 반사파도 원형 모양이다.

② 파동의 반사 방향은 입사 방향에 따라 다른데, 이것을 입사각과 반사각으로 나타낼 수 있다. 입사각과 반사각의 기준은 반사면에 수직인 법선을 기준으로 한다. 즉, 입사파의 진행 방향과 법선이 이루는 각이 입사각이며, 반사파의 진행 방향과 법선이 이루는 각이 반사각이다.

**(2) 파동의 반사 법칙**

① 파동이 반사할 때 입사각과 반사각은 같다.

② 파동이 반사할 때 파동의 속력, 파장, 진동수는 변하지 않는다. 파동의 속력이 변하지 않는 이유는 파동이 반사할 때 같은 매질을 진행하기 때문이다.





## 어군 탐지기에서 초음파를 이용하는 이유

초음파는 음파보다 진동수가 큰 파동이지만 빛의 진동수에 비해서는 매우 작은 진동수를 가진 파동이다.

그런데 왜 바닷속 물고기 떼를 찾기 위해 레이저 빛을 사용하지 않고 초음파를 사용하는 것일까? 그 이유는 빛은 물속에서 도달할 수 있는 거리가 10 m 정도에 불과하며 아무리 투과력이 좋은 레이저 빛이라고 해도 40~50 m 이상 도달하기는 힘들기 때문이다. 전파 역시 물속에서는 에너지가 급속하게 줄어들기 때문에 빛이 갖고 있는 이러한 단점을 극복하기 어렵다. 그러나 음파나 초음파는 공기 중에서보다 물속에서 더 잘 전달되므로 물속의 물체를 인식하는 데 더 유리하여 어군 탐지기에 초음파를 사용하는 것이다.

마찬가지 이유로 깊은 바다의 깊이를 재거나 물속에 잠긴 빙산을 알아내는 데에도 수중 음파 탐지기를 사용한다. 최근에는 인공위성이나 비행기 등의 최첨단 장비를 이용하기도 한다.

### 스스로 해결하기

포장도로 위를 달리던 자동차의 한쪽 바퀴가 도로 바깥의 모래 부분으로 빠지면 자동차는 모래 쪽으로 진행 방향이 휘어진다. 이것은 파동이 ( 굴절 )하는 원리와 같다.

### 자·기·주·도·학·습

**▶ 개념 확인하기**

파동이 진행하다가 성질이 다른 매질을 만나면 경계면에서 굴절한다.

**▶ 응용 문제 해결하기**

'거리＝속력×시간' 이므로 물속에서 음파의 속력과 어군 탐지기에서 보낸 초음파가 물고기에서 반사되어 돌아온 시간을 측정하면 어군 탐지기에서 물고기까지의 거리를 알 수 있다.

**▶ 과학과 속담 연관 짓기**

윗공기와 아랫공기의 온도 차이로 인해 서로 다른 매질로 작용하여, 낮에는 위쪽으로 소리가 굴절되어 아래쪽에서는 소리가 잘 들리지 않게 된다. 밤에는 이와 반대 현상이 일어난다. 따라서 낮말은 하늘을 나는 새가 듣고 밤말은 땅 위를 다니는 쥐가 듣는다는 속담과 일맥상통한다.



### ❀ 어군 탐지기

초당 40회 이상의 초음파를 발사하여 반사된 신호를 읽어 물속의 물고기의 존재나 물고기의 양 등을 알 수 있는 장치이다. 물고기에서 반사된 신호는 스크린에 순차적으로 나타나면서 물속의 정보를 표시해 준다.

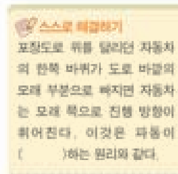


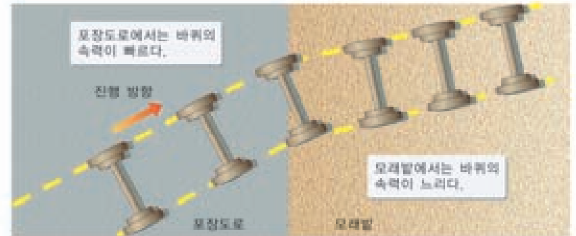
❸ 어군 탐지기

파동은 진행하다가 성질이 다른 매질을 만나면 굴절한다. 파동이 굴절하는 이유는 파동이 진행하다가 속력이 달라지기 때문이다.

예를 들어, 수면을 따라 진행하던 파동이 깊이가 깊은 곳에서 얕은 곳으로 나아가면 파장은 짧아지면서 속력이 느려진다. 이러한 속력의 차이로 파동의 진행 방향이 꺾이게 된다.

파동의 굴절 현상은 포장도로 위를 지나가는 자동차 바퀴가 모래밭으로 비스듬히 들어간 경우와 원리가 비슷하다. 자동차가 포장도로에서 모래밭으로 진입할 때 모래밭에 먼저 들어간 바퀴는 모래밭에서 속력이 느려지지만, 포장도로 위에 있는 바퀴는 속력이 변하지 않아 자동차의 진행 방향이 꺾이게 된다.

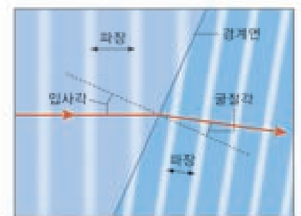



❸ 그림 Ⅰ-44 파동이 굴절하는 원리

파동의 굴절에서 매질의 성질이 달라지는 경계면에 수직인 법선을 그렸을 때 입사파의 진행 방향이 법선과 이루는 각을 입사각, 굴절파의 진행 방향이 법선과 이루는 각을 굴절각이라고 한다.

이때 빛의 굴절에서와 마찬가지로 입사각이 커지면 굴절각도 커진다.




❸ 그림 Ⅰ-45 파동의 굴절

| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 응용 문제 해결하기 | 과학과 속담 연관 짓기 |
|---|---|---|---|
| | 파동이 진행하다가 성질이 다른 매질을 만나면 어떻게 될까? | 어군 탐지기에서 물고기까지의 거리를 어떻게 알 수 있는지 알아보자. | '낮말은 새가 듣고, 밤말은 쥐가 듣는다.'라는 속담을 파동의 굴절과 관련지어 설명해 보자. |

100 Ⅰ. 빛과 파동



### ❀ 파동의 굴절

(1) **굴절** 물이 들어 있는 컵 속의 막대는 꺾여 보인다. 이러한 현상은 빛이 공기에서 물로 진행할 때처럼 서로 다른 매질의 경계면에서 빛의 진행 방향이 꺾이기 때문이다.

(2) **물결파의 굴절** 물의 깊이가 달라지면 물결파의 진행 속력이 달라지므로 물결파는 굴절한다. 물의 깊이가 깊은 곳에서 얕은 곳으로 물결파가 진행할 때 입사각은 굴절각보다 크다. 깊은 곳보다 얕은 곳에서 물결파의 파장은 짧아지고 속력은 느려진다.

(3) **굴절 법칙**

① 물결파뿐만 아니라 모든 파동의 굴절에서 입사각과 굴절각 사이에는 sin 값의 비가 일정하다.

② 파동이 매질 1에서 매질 2로 진행할 때 매질 1에서의 입사각, 속력, 파장을 각각 $i$, $v_1$, $\lambda_1$이라 하고 매질 2에서의 굴절각, 속력, 파장을 각각 $r$, $v_2$, $\lambda_2$라고 하면 다음의 관계가 성립하며, 이를 굴절 법칙이라고 한다.

$$\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

창의·인성 활동

보충·심화

## 별은 왜 반짝이는 것일까?

맑은 날 밤 하늘에는 무수히 많은 별들이 있다. 이러한 별들의 크기는 실제로 매우 크다. 어떤 별들은 태양보다도 수백 배 큰 것도 있지만, 지구로부터 거리가 너무 멀어 우리 눈에는 모두 점으로 밖에 보이지 않는다.

그런데 이러한 점들이 가끔 반짝반짝 깜빡이는 것을 볼 수 있다. 이런 현상은 왜 일어나는 것일까?

별이 반짝이는 것은 지구의 대기가 움직이기 때문이다. 지구에는 두꺼운 대기가 있고, 이 대기는 부분적으로 밀도가 큰 부분과 밀도가 작은 부분으로 이루어져 있다. 또한 대기는 끊임없이 움직이고 있으므로 대기로 들어온 별빛은 대기의 밀도 차에 의해 불규칙하게 굴절하게 된다. 빛의 굴절로 우리 눈에 들어오는 빛의 양은 계속 변하고 밝기가 일정하지 않아 깜박이는 것처럼 보인다.

별이 반짝이는 것과 비슷한 현상에는 무엇이 있는지 생각해 보자.

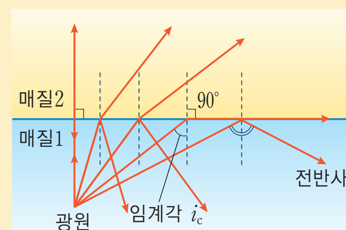


2. 파동 101

**심화 학습** **전반사**

빛이 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 나아가게 하면 굴절각은 항상 입사각보다 크다. 이때 입사각을 점점 크게 하면 어떤 각(임계각: $i_c$)을 경계로 하여 이보다 더 큰 각으로 입사한 빛은 굴절되지 않고 모두 반사되는데, 이를 전반사라고 한다.

(1) **임계각($i_c$)** 입사각을 점점 증가시키면 굴절각도 같이 증가하다가 굴절각이 90°가 되는 때의 입사각을 말한다.




전반사가 일어나기 위해서는 빛이 밀한 매질(굴절률이 큰 매질)에서 소한 매질(굴절률이 작은 매질)로 진행할 때 임계각보다 큰 각으로 입사하는 경우에만 일어난다.

(2) **이용** 빛의 세기를 약화시키지 않고 빛의 경로를 바꿀 수 있기 때문에 프리즘, 광섬유 등에 이용된다.

① **광섬유:** 겉유리와 속유리로 구성되어 있다. 속유리를 지나는 빛은 손실 없이 먼 곳까지 보낼 수 있다.

② **전반사 프리즘:** 삼각형 모양의 프리즘으로, 빛을 프리즘에 입사켰을 때 프리즘에서 전반사가 일어나 빛의 경로를 바꿀 수 있다.

(4) **굴절률** 파동의 굴절에서 입사각과 굴절각 사이에는 sin 값의 비가 일정한데, sin 값의 비는 두 매질의 종류에 따라 결정되는 상수로서 상대 굴절률이라고 하고, 진공에 대한 굴절률을 그 물질의 절대 굴절률 또는 굴절률이라고 한다.

① **상대 굴절률:** 매질 1에 대한 매질 2의 상대 굴절률은 $n_{12}$로 나타낸다.

$$n_{12}=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{n_2}{n_1}$$

② **절대 굴절률:** 빛이 진공에서 어떤 매질 속으로 입사할 때의 굴절률을 말한다.

$$n=\frac{c}{v}\text{(}c\text{: 진공에서의 빛의 속력, }v\text{: 매질 속에서의 빛의 속도)}$$

### ❀ 파동의 굴절 현상

(1) **대기에 의한 굴절** 별이 반짝이는 현상은 별빛이 대기 중의 불안정한 공기층을 지날 때 굴절하기 때문이다. 신기루, 뜨거운 난로나 더운 여름철의 아스팔트 위의 아지랑이 등도 같은 원리로 설명되는 현상들이다.

(2) **유리에 의한 굴절** 유리로 만든 렌즈는 빛의 굴절 현상을 이용한 대표적인 기구이다. 렌즈를 이용하면 빛을 모으거나 퍼지게 하여 상을 만들 수 있다.



보충·심화

햇빛이 강한 지표면 위에 아지랑이가 생기는 것도 지표면 근처의 공기에 의해 빛이 굴절되기 때문에 나타나는 현상이다.

※ 질문을 통해 학생들이 창의·인성을 키울 수 있도록 지도한다.

# 2-3 소리

### 학습 내용 안내

(1) 소리가 발생하는 원리와 소리의 전달 과정을 안다.

(2) 파동의 진폭, 진동수, 파형으로부터 소리의 세기, 높낮이, 맵시를 안다.

### 학습 전개

주변에서 발생하는 여러 가지 소리를 듣고 소리가 발생하고 전달하는 과정에 대해 알게 한다.

↓

소리를 듣는 과정에 대해서 이해하게 하고, 소리의 요소인 소리의 세기, 높낮이, 맵시를 탐구 활동을 통해 이해하게 한다.

↓

생활 속에서 사용되고 있는 빛과 파동의 예를 찾아보고, 빛과 파동이 어떻게 활용되는지 구체적으로 설명할 수 있게 한다.

## 2-3 소리

**학습 목표**

- 소리가 들리는 과정을 설명할 수 있다.
- 파동의 진폭, 진동수, 파형으로부터 소리의 세기, 높낮이, 맵시를 설명할 수 있다.

우리는 주변에서 친구의 노랫소리, 선생님의 수업하시는 소리, 아기의 옹알이 소리, 비행기 날아가는 소리, 아름다운 음악 소리 등 여러 가지 소리를 듣는다. 환경부에서는 '한국의 아름다운 소리 100선'을 선정하여 전국에서 소리와 영상을 녹취하였다. 또 그 소리들을 크게 사계, 향토, 울림, 추억, 생명이라는 영역으로 분류하여 홈페이지에 공개하고 이를 책으로도 발간하였다. 대표적인 소리로는 고드름에서 떨어지는 물 소리, 할아버지의 잔기침 소리, 에밀레종 소리, 학교 종소리, 매미 소리 등이 있다. 이러한 소리들은 어떻게 만들어지고 나아갈까? 또한 소리들에 저마다 독특한 느낌이 있는 이유는 무엇일까?




102 Ⅰ. 빛과 파동

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 교과서에 제시된 탐구 활동을 직접 해보게 하여 소리의 특성을 스스로 알아낼 수 있도록 유도한다.

2 파동의 특성과 소리의 요소인 세기, 높낮이, 맵시를 연결시켜서 설명할 수 있게 한다.

3 우리 생활에서 빛과 파동이 활용되는 예를 좁은 범위에서부터 넓은 범위로 확대시켜 찾아보게 한다.

### 찾아보기

- 환경부
  http://www.me.go.kr/

### 과학 자료실

**❀ 성덕 대왕 신종(에밀레종) 소리**

성덕대왕 신종은 높이가 3.66 m 정도이고 무게 18.9 t으로 종의 크기로 볼 때 우리나라에서 현존하는 가장 큰 종으로 국보 제29호로 지정되어 있다.

신종 소리는 타종 후 한참 뒤까지 독특한 소리의 여운이 이어지는데, 이는 신종 소리가 수많은 낱소리 성분들로 이루어져 있고 각각의 낱소리들의 어우러짐과 소멸 시간이 다르기 때문이다. 예를 들어 영국의 세인트폴 성당의 종 '그레이트 폴'의 낱소리 음파의 수는 20개가 안 되는 반면, 신종의 경우 1,000 Hz 이내에서만 무려 50여 가지나 된다. 이로 인해 타종 직후에는 당차고 장중한 느낌의 소리가 발생하고, 시간이 약간 지나면서 숨소리 같은 64 Hz의 음파와 어린 아이가 우는 소리 같은 168 Hz의 음파가 남는다.

이 중 대표음은 168 Hz의 소리인데, 이 소리를 자세히 분석해 보면 168.52 Hz와 168.63 Hz의 음파가 한 쌍을 이루고 있다. 두 소리의 진동수 차이가 0.11 Hz이기 때문에 소리의 강약이 $\frac{1}{0.11}$초(약 9초) 간격으로 반복되는 맥놀이 현상이 일어난다. 즉, 168 Hz의 음파는 타종하고 9초 뒤 "…어~엉…" 하고 울고는 사라지는 듯하다가 9초 뒤에 다시 한 번 약하게 울음 소리를 낸다.

## 소리의 발생과 전달

우리 주변에는 여러 가지 소리가 있다. 소리는 걸음을 걷거나 자동차가 지나갈 때, 수돗물을 틀거나 종을 칠 때에도 생긴다. 또 피리나 바이올린과 같은 악기를 연주할 때에도 생긴다.

이렇게 소리가 발생하는 이유는 무엇일까? 또 소리는 어떻게 전달될까?

**음원** 파동이 처음 시작된 곳을 파원이라고 하듯이 소리가 처음 발생하는 곳을 음원이라고 한다.

음원

**해 보기** 소리는 어떻게 전달되는 것일까? 실험

|과정|

1 얇은 종이 위에 설탕을 뿌려 놓고 소리굽쇠를 막대로 친 다음 종이 가까이 가져가 보자.

2 북을 세워 놓고, 양초에 불을 붙여 옆에 세워 둔 다음 북을 세게 쳐 보자.

|해석|

1 종이 위의 설탕 알갱이들과 양초의 불꽃은 어떤 변화를 보이는가?

2 설탕 알갱이들과 양초의 불꽃을 관찰한 결과 어떤 사실을 알 수 있는가?

얇은 종이 위에 설탕을 뿌려 놓고 막대로 친 소리굽쇠를 종이 가까이 가져가면, 종이 위의 설탕 알갱이들이 튀어오르는 모습을 관찰할 수 있다. 또한 양초에 불을 붙여 놓고 옆에서 북을 치면 불꽃이 흔들리는 것을 관찰할 수 있다. 이를 통해 소리굽쇠나 북의 진동으로 **음파**가 발생하고 이 진동이 공기 중으로 전달되어 얇은 종이나 불꽃을 진동시킨다는 것을 알 수 있다.

소리굽쇠
설탕
얇은 종이

⊙ 그림 Ⅰ-46 소리굽쇠의 진동_ 소리굽쇠에서 발생한 음파가 공기를 통해 전달되어 종이가 떨린다.

북
촛불

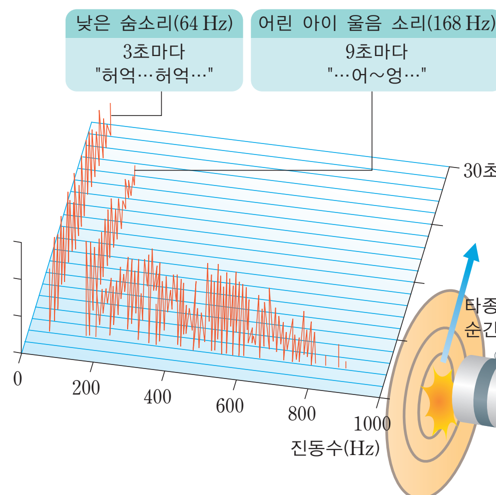
⊙ 그림 Ⅰ-47 북의 진동_ 북에서 발생한 음파가 공기를 통해 전달되어 촛불이 흔들린다.

2. 파동 103

이러한 이유로 어떤 문학 작품에서는 신종 소리를 죽었다가 다시 살아나 '곡을 하는 듯한', '어린아이의 울음소리'로 표현하였다.

마지막까지 남는 것은 64 Hz의 소리이다. 이 소리는 3초의 맥놀이 주기를 가지고 "허억… 허억…" 하며 마치 숨을 몰아쉬는 것처럼 들린다.

신종의 맥놀이 현상은 신종의 미세한 비대칭 때문에 나타나는 것으로 알려져 있다. 겉모양으로 보면 신종은 엄격한 대칭이지만 표면의 문양 · 조각이 비대칭이고, 몸체 각 부분의 밀도나 두께도 모두 미세하게 다르다. 이러한 비대칭성으로 인하여 소리가 어우러져 귀에 은은한 종소리로 들리는 것이다.




⊙ 성덕 대왕 신종의 타종 직후 소리 성분들의 변화

**해 보기** 실험

해석

1 종이 위의 설탕 알갱이들은 튀어 오르고, 양초의 불꽃은 흔들린다.

2 소리굽쇠와 북의 진동으로 소리가 발생하고, 이 진동이 공기 중으로 전달됨을 알 수 있다.

**학습 자료실**

### ❀ 음파의 발생과 전달

팽창(낮은 압력)

압축(높은 압력)

(1) **음파의 발생** 소리굽쇠와 같은 물체를 두드리면 물체의 진동이 주위의 공기를 주기적으로 밀었다 당겼다 하면서 공기의 압력에 부분적인 변화가 발생한다.

(2) **음파의 전달** 공기 압력의 변화로 공기의 진동이 종파(또는 소밀파)의 형태로 주변 공간으로 퍼져 나간다. 음파는 종파이기 때문에 고체, 액체, 기체 모든 매질에서 진동이 전달된다.

※ 횡파는 고체에서는 진행하는 것이 가능하지만 액체와 기체의 내부를 통해서 진행하는 것은 불가능하다.

### | 용어 설명 |

**소리굽쇠** 두 갈래로 된 좁은 쇠막대를 이용해 특정 주파수(진동수)의 음만을 내도록 만든 기구

**진동** 물체가 시간의 흐름에 따라 하나의 점을 중심으로 반복적으로 왔다 갔다 하면서 움직이는 상태

**맥놀이** 주파수가 비슷하거나 약간씩 다른 두 개의 파동이 간섭을 일으켜서 새로운 파가 만들어지는 현상이다.
음파의 경우 소리의 세기가 주기적으로 변하는 것을 맥놀이라고 한다.

## 과학 돋보기



### ❀ 소리의 속력

소리의 속력은 소리가 전파되는 매질에 따라서 그 값이 다르다. 또한 같은 매질에서도 매질의 온도 등에 따라서 속력이 달라진다.

(1) **매질에 따른 속력** 매질을 구성하는 분자들 사이의 간격은 기체 → 액체 → 고체 순으로 가깝다.

소리는 매질을 구성하는 분자들의 흔들림을 통해 전달되고, 매질을 구성하는 분자들 사이의 간격이 가까울수록 흔들림이 잘 전달되므로 매질의 상태에 따른 소리의 전달 속력은 고체 > 액체 > 기체 순으로 빠르다.

| 분류 | 매질 | 소리의 속력(m/s) |
|---|---|---|
| 기체 (20°C) | 이산화 탄소 | 266 |
| | 공기 | 344 |
| | 헬륨 | 1,005 |
| 액체 (20°C) | 담수 | 1,440 |
| | 수은 | 1,460 |
| | 해수 | 1,560 |
| 고체 (20°C) | 구리 | 3,600 |
| | 강철 | 6,100 |
| | 알루미늄 | 6,400 |
| | 나무 | 3,500~5,000 |
| | 유리 | 4,900~5,800 |

(2) **온도에 따른 속력** 공기 중에서 소리는 기온이 높을수록 빠르다. 이는 공기의 온도가 높을수록 공기 분자들의 속력이 빠르기 때문에 진동이 빠르게 전달되는 것이다.

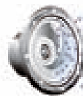
공기 중에서 온도에 따른 소리의 속력 $v$는 다음과 같다.

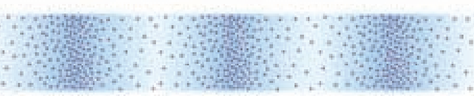
$v \fallingdotseq 331.5+0.6t$ (m/s) ($t$: 섭씨온도)

**잠깐 체크**

소리는 물체의 진동에 의해 발생한다. 즉, 물체가 진동할 때 물체의 진동이 공기로 전달되면서 공기의 진동인 소리가 발생하는 것이다.

실제로 소리가 주위로 전달될 때에는 음원에서 발생한 진동이 주위의 공기 분자들을 밀고 당기듯이 진동시키면서 나아간다. 그 결과 공기 분자들에는 빽빽한 곳과 듬성듬성한 곳이 주기적으로 생기면서 나아가게 된다.







⊙ 그림 Ⅰ-48 공기 분자의 진동으로 전달되는 소리_ 소리는 마치 용수철로 만든 종파에서와 같이 주위의 공기를 진동시키면서 전달된다.

소리는 우리 주위에서 쉽게 찾을 수 있는 파동 중의 하나로서, 일반적으로 공기를 통해 주변으로 전달되고, 물이나 땅을 통해서 전달되기도 한다. 즉, 소리는 기체, 액체, 고체에서 매질을 진동시키면서 전달된다. 하지만 공기가 없는 진공에서는 매질이 없기 때문에 소리가 전달되지 않는다. 한편, 소리는 전달되는 매질에 따라 속력이 다른데 일반적으로 고체를 통과할 때 가장 빠르고, 액체, 기체 순서로 전달 속력은 느려진다.



소리는 무엇에 의해 발생하는가?



⊙ 그림 Ⅰ-50 고체 매질에서 소리의 전달_ 철봉을 두드리면 철봉을 따라 소리가 전달된다.



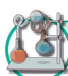
⊙ 그림 Ⅰ-49 액체 매질에서 소리의 전달_ 수중 발레 선수는 물속에서 들리는 소리에 맞춰 춤을 춘다.



⊙ 그림 Ⅰ-51 소리가 전달되지 않는 우주 공간_ 우주 공간에서는 매질이 없어 소리를 전달하지 못한다.

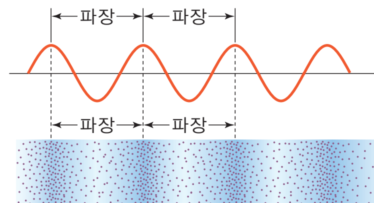
104 Ⅰ. 빛과 파동

## 학습 자료실



### ❀ 음파의 파장

소리가 진행할 때 압력이 큰 부분(공기 분자들이 빽빽한 부분)과 압력이 작은 부분(공기 분자들이 듬성듬성한 부분)이 생긴다. 이때 이웃한 압력이 큰 부분(또는 작은 부분) 사이의 거리가 음파의 파장이다.




⊙ 음파의 파장

### ❀ 음파의 주기와 진동수, 속력

(1) **주기** 공기 분자가 한 번 진동하는 데 걸리는 시간이다.

(2) **진동수** 공기 분자가 1초 동안 진동한 횟수로, 진동수 $=\dfrac{1}{\text{주기}}$이다.

(3) **속력** 공기 입자가 한 번 진동하는 동안 음파는 한 파장만큼을 진행한다.

$$\text{음파의 속력}=\frac{\text{파장}}{\text{주기}}=\text{진동수}\times\text{파장}$$

매질이 일정할 때 음파의 속력이 일정하므로 진동수가 큰 소리는 파장이 작은 소리가 된다.

### 소리를 듣는 과정

친구들과 대화를 할 때에도 친구의 말소리는 공기의 진동을 통해 우리 귀까지 전달된다.

사람의 목소리는 성대가 진동하여 만들어지며, 이 진동이 기도 안의 공기를 통해 입 밖으로 나아간다. 입에서 나온 소리는 주위의 공기를 진동시키면서 나아가다가 사람의 귀에 들어가 고막을 진동시킨다. 고막의 진동은 귀의 여러 부분을 통해 전달되고 뇌가 인식할 수 있는 신호로 바뀌며, 뇌는 이 신호를 소리라고 인식하게 된다.

그렇다면 사람은 모든 음파를 귀로 들을 수 있을까? 사람은 특정한 진동수를 가진 음파만 들을 수 있다. 사람이 들을 수 있는 음파의 진동수는 20~20,000 Hz인데, 이를 **가청 진동수**(또는 **가청 주파수**)라고 한다.

사람이 들을 수 있는 진동수보다 큰 진동수를 가진 음파를 초음파라고 하는데, 초음파는 우리 주변에서 의료용이나 어군 탐지기 등에 이용되고 있다. 또한 동물들은 사람과 가청 진동수의 범위가 다르기 때문에 사람이 듣지 못하는 음파를 들을 수 있다. 예를 들어, 돌고래는 100~150,000 Hz 범위의 음파를 들을 수 있기 때문에 들을 수 있는 소리의 범위가 사람보다 훨씬 더 넓다.

잠깐 체크 사람이 들을 수 있는 음파의 진동수 범위는 몇 Hz인가?

틴벨



사람은 나이가 들수록 가청 진동수의 범위가 좁아진다. 예를 들어, 청소년들은 17,500 Hz의 진동수를 가진 휴대전화 벨소리를 들을 수 있지만 어른들은 잘 듣지 못한다. 그래서 이 벨소리를 틴벨이라고 부르기도 한다.

그림 Ⅰ-52 소리를 듣는 과정






## 과학 자료실

### 초저주파

진동수가 20 Hz보다 작아서 사람이 들을 수 없는 소리이다. 초저주파는 다른 음파에 비해 멀리까지 전달되는 특성이 있어서 코뿔소, 고래와 같은 동물들은 이를 이용하여 멀리 떨어진 동료들과 의사소통을 하기도 한다.

### 가청 주파수 확인하기

컴퓨터의 프로그램을 이용하여 간단하게 자신의 가청 주파수를 확인해 볼 수 있다.




가청 주파수 프로그램

**잠깐 체크**

사람이 들을 수 있는 음파의 진동수 범위는 20~20,000 Hz이다.



## 과학 돋보기

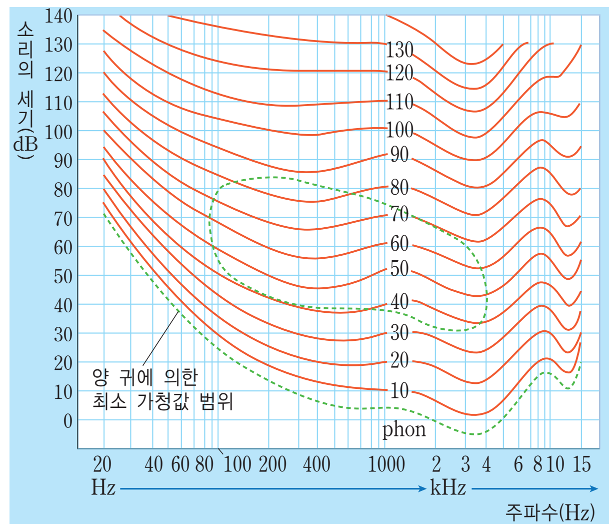
### 가청 주파수와 등청감 곡선

사람이 들을 수 있는 음파의 진동수인 가청 진동수(가청 주파수)는 약 20~20,000 Hz이다. 그런데 사람의 귀는 음파의 진동수마다 감도가 달라서 같은 에너지의 소리라도 크기를 다르게 느낀다. 이런 특성 때문에 주파수마다 가중치를 두어 소리의 세기를 나타낼 필요가 있다.

그림은 1 kHz의 순음과 같은 크기로 귀에 들리는 각 진동수에서의 소리의 세기를 연결하여 그린 등청감 곡선이다.

그림을 보면 사람의 귀는 2~5 kHz 범위, 그중에서도 3.5 kHz 부근에서 가장 민감한 것을 알 수 있다. 이는 겉귀의 고유 진동수와 고막의 고유 진동수가 이 부근에 존재하기 때문이다.

아기들의 울음 소리는 크기가 작은데도 불구하고 귀에 거슬리게 들리는 이유는 아기들의 울음 소리가 3.5 kHz의 진동수 범위에 있기 때문이다.




**등청감 곡선**_ 중앙의 점선으로 둘러싼 범위는 사람의 음성에 사용되고 있는 범위이다.

## 소리의 특성

음악 시간에 악기를 연주할 때 같은 음의 소리를 내더라도 악기마다 다른 느낌을 받는다. 악기마다 소리가 다르게 들리는 이유는 무엇일까? 여러 가지 악기 소리의 파형을 관찰하여 소리의 특성에 대하여 알아보자.

### 탐구 활동 여러 가지 악기 소리의 특성 실험(동영상)

**목 표**

음파의 진폭, 진동수, 파형으로부터 여러 가지 악기 소리의 세기, 높낮이, 맵시를 설명할 수 있다.

**준 비 물**

실로폰, 하모니카, 리코더, 바이올린, 컴퓨터, 마이크, 소리 분석 프로그램

**유·의·점**

소리의 특성이 잘 드러나는 부분의 음파를 비교한다.

**과정**

❶ 리코더를 이용하여 같은 높이의 소리를 약하게 한 번, 세게 한 번 분다. 두 소리를 컴퓨터와 마이크를 이용하여 녹음한다.

❷ 리코더를 이용하여 같은 세기로 낮은 음을 한 번 분 다음 잠시 후 높은 음으로 한 번 더 분다. 두 소리를 컴퓨터와 마이크를 이용하여 녹음한다.

❸ 하모니카, 바이올린, 실로폰 등 여러 악기로 같은 세기, 같은 높이의 소리를 내고 이를 컴퓨터와 마이크를 이용하여 녹음한다.

❹ 과정 ❶, ❷, ❸에서 녹음한 소리를 소리 분석 프로그램을 이용하여 분석하고 비교해 본다.

**결과**

1 과정 ❶에서 얻은 두 가지 소리를 분석하여 얻은 음파를 비교해 본다.

2 과정 ❷에서 얻은 두 가지 소리를 분석하여 얻은 음파를 비교해 본다.

3 과정 ❸에서 얻은 각각의 소리를 분석하여 얻은 음파를 비교해 본다.

**해석** 창의 · 인성

1 리코더를 세게 불었을 때와 약하게 불었을 때 음파의 차이점을 말해 보자.

2 리코더의 높은 음과 낮은 음을 불었을 때 음파의 차이점을 말해 보자.

3 악기마다 소리의 느낌이 다른 이유를 음파와 관련지어 설명해 보자.

106 Ⅰ. 빛과 파동

## 탐구 활동 실험

**| 목표 |**

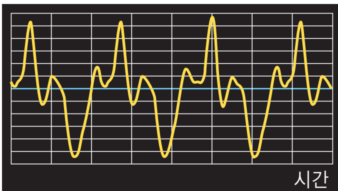
음파의 진폭, 진동수, 파형으로부터 여러 가지 악기 소리의 세기, 높낮이, 맵시를 설명할 수 있다.

**| 유의점 |**

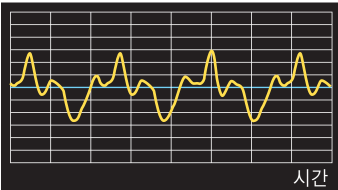
녹음 중에 악기 소리 이외의 잡음이 녹음되지 않도록 주의한다.

**| 결과 |**

1 소리가 클수록 음파의 진폭이 크고, 작을수록 음파의 진폭이 작다.

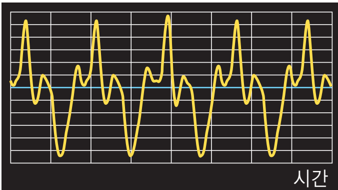



세게 불었을 때

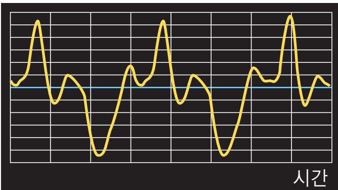



약하게 불었을 때

2 높은 소리는 음파의 진동수가 크고, 낮은 소리는 음파의 진동수가 작다.




높은 음을 불었을 때




낮은 음을 불었을 때

3 하모니카, 바이올린, 실로폰으로 같은 세기, 같은 높이의 소리를 내도 각 소리의 파형이 다르다.

**| 해석 | 창의 · 인성**

1 리코더를 세게 불면 큰 소리가 나서 음파의 진폭이 크고, 리코더를 약하게 불면 작은 소리가 나서 음파의 진폭이 작다.

2 리코더의 높은 음을 불면 높은 소리가 나서 음파의 진동수가 크고, 리코더의 낮은 음을 불면 낮은 소리가 나서 음파의 진동수가 작다.

3 악기마다 소리의 느낌이 다른 이유는 소리의 음파가 다르기 때문이다.

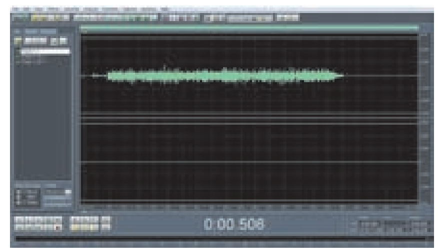
**효과적인 수업을 위한 Tip**

탐구 해석의 질문을 통해 학생들이 창의 · 인성을 키울 수 있도록 지도한다.

**과학자료실**

### ❀ 소리 분석 프로그램

많이 사용되는 소리 분석 프로그램으로 쿨 에디트가 있다. 이 프로그램을 이용하면 다양한 소리를 합칠 수도 있고, 여러 가지 악기 소리나 주변에서 들리는 다양한 소리의 파형을 관찰하고 비교할 수 있다.



소리 분석 프로그램

음원에서 발생한 소리 정보는 마이크와 컴퓨터를 이용하여 기록할 수 있다. 이 소리를 소리 분석 프로그램에서 분석해 보면 공기가 시간에 따라 어떻게 진동하는지 알 수 있다. 이를 통해 서로 다른 두 소리의 세기, 높낮이, 맵시를 비교할 수 있다.

센 소리는 음파의 진폭이 크게 나타나고 작은 소리는 음파의 진폭이 작게 나타나며, 높은 소리는 음파의 진동수가 크게 나타나고 낮은 소리는 음파의 진동수가 작게 나타난다.

한편, 같은 세기와 같은 높이의 소리라도 음파의 파형이 다를 수 있는데, 그 이유는 소리의 맵시가 다르기 때문이다.

**소리의 녹음** 녹음은 마이크가 있는 지점의 공기가 시간에 따라 어떻게 진동하는가에 대한 정보를 기록하는 것이다.

잠깐 체크 높은 소리와 낮은 소리의 음파는 무엇이 다른가?

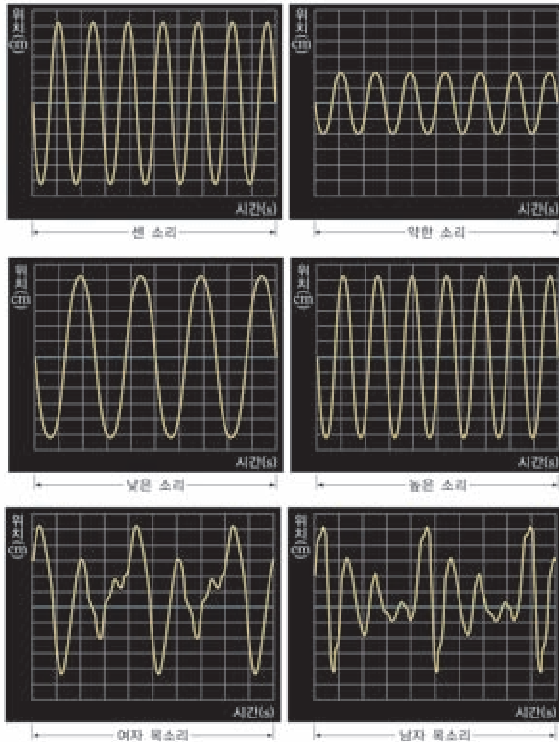



**그림 Ⅱ-53 소리의 세기와 진폭**_ 센 소리는 음파의 진폭이 크고, 약한 소리는 음파의 진폭이 작다.

**그림 Ⅱ-54 소리의 높낮이와 진동수**_ 낮은 소리는 음파의 진동수가 작고, 높은 소리는 음파의 진동수가 크다.

**그림 Ⅱ-55 소리의 맵시와 파형**_ 여자 목소리와 남자 목소리의 음파는 파형이 다르다.

2. 파동 **107**



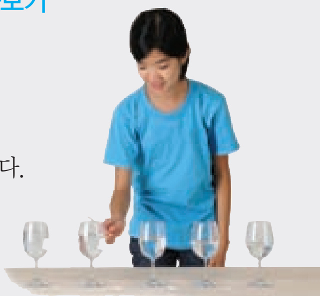
## 이런 실험도 가능해요! 물의 높이에 따른 소리의 높낮이 알아보기

|과정|

(1) 같은 모양의 빈 유리컵을 여러 개 준비한다.

(2) 준비된 유리컵에 순서대로 물의 양을 점점 적게 채운다.

(3) 가벼운 쇠막대로 각각의 유리컵을 두들기면서 소리를 들어본다.



|해석| 유리컵에 들어 있는 물의 양이 적을수록 유리컵이 가벼워 유리컵의 진동수가 많아지므로 높은 소리를 낸다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

같은 모양의 유리병에 물의 양을 다르게 채워 유리병의 입구 부분을 입으로 불어 물의 높이에 따른 소리의 높낮이를 비교할 수 있다.

### 잠깐 체크

높은 소리와 낮은 소리는 음파의 진동수가 서로 다르다.

### 과학 돋보기

**악기를 이용하여 높은 소리 만들기**

(1) **현악기** 줄이 가벼울수록, 줄의 길이가 짧을수록, 줄이 팽팽할수록 더 높은 소리가 난다.

(2) **관악기** 관의 길이가 짧을수록 높은 소리가 난다.

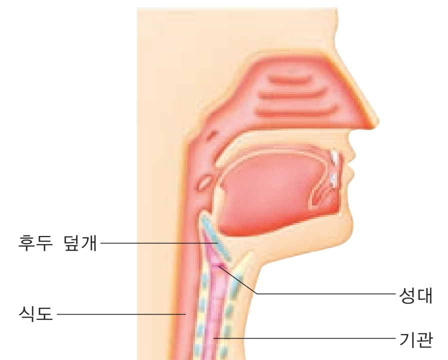
### 학습 자료실

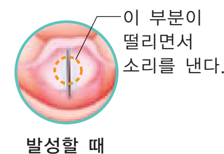
**남자 목소리와 여자 목소리**

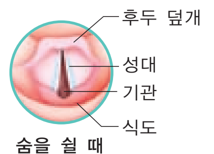
남자와 여자 목소리의 가장 큰 차이는 진동수이다. 목소리의 진동수는 남자의 경우 100~150 Hz, 여자의 경우 200~250 Hz 정도의 범위이다.

남녀의 목소리 진동수가 이렇게 다른 이유는 발성 기관인 성대의 길이와 크기가 다르기 때문이다.

남자의 성대 길이는 평균 2.0~2.3 cm이고 여자는 1.5~1.8 cm로, 일반적으로 남자 성대가 여자보다 길고 커서 남자의 목소리가 여자보다 낮다.




❸ 성대의 구조와 기능



## 역사 속의 과학

### ❀ 스트라디바리우스

이탈리아 현악기의 장인인 스트라디바리가 만든 바이올린으로, 지금도 전 세계의 유명한 무대에서 연주될 때마다 극찬을 받고 있다. 스트라디바리우스의 소리가 우수한 이유는 소리가 균일하여 음정 변화가 거의 없기 때문이다.



❷ 스트라디바리우스

스트라디바리는 부러진 노로 세계적인 악기를 만들어 냈는데, 바이올린 몸통에 쓰인 나무의 나이테가 촘촘하고 나뭇결의 밀도가 큰 것이 좋은 음향을 내는 이유 중 하나로 분석되고 있다.

**스스로 해결하기**

모습이 보이지 않아도 목소리만으로 친구를 구별할 수 있는 이유는 소리의 높낮이가 다르기 때문이다.

답 높낮이 → 맵시

**참고 자료** 신시사이저(synthesizer)

푸리에 변환(fourier transform)을 이용하면 비주기적인 신호도 기본 진동수와 그 정수배 진동수의 사인(sin)파 성분으로 분해할 수 있다. 반대로 간단한 사인(sin)파들을 합성하여 다양한 파동도 만들 수 있다.

신시사이저는 푸리에 변환의 원리를 이용하여 다양한 파형의 소리를 발생시키는 장치이다.



❷ 신시사이저

**스스로 해결하기**

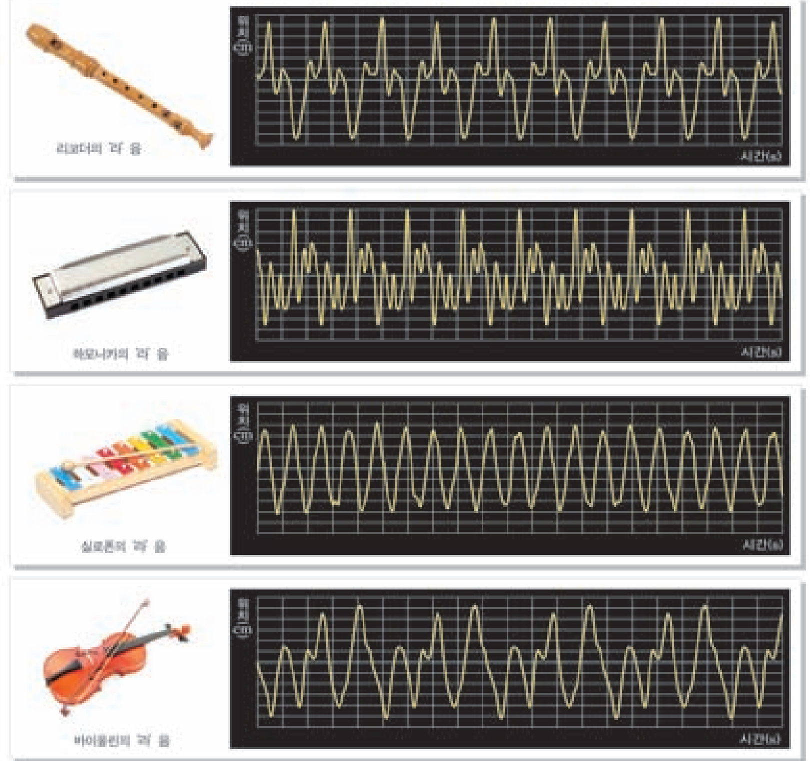
아래 문장 중 틀린 곳에 밑줄을 긋고, 알맞게 고쳐 보자.

모습이 보이지 않아도 목소리만으로 친구를 구별할 수 있는 이유는 소리의 높낮이가 다르기 때문이다.

악기에서 나는 소리 역시 음파의 진폭이 클수록 센소리이며, 진동수가 클수록 높은 소리이다. 또한 여러 가지 악기 소리의 음파를 살펴보면 악기마다 파형이 서로 다르다는 것을 알 수 있다. 이를 통해 여러 가지 악기가 각각 독특한 맵시의 소리를 내는 것을 설명할 수 있다.

지문이 사람마다 다른 것과 같이 소리도 사람마다 독특한 특징을 가지고 있기 때문에 우리는 서로 다른 목소리를 구별할 수 있다. 소리의 이런 특성을 이용한 기술에는 음성 인식 기술이 있다.

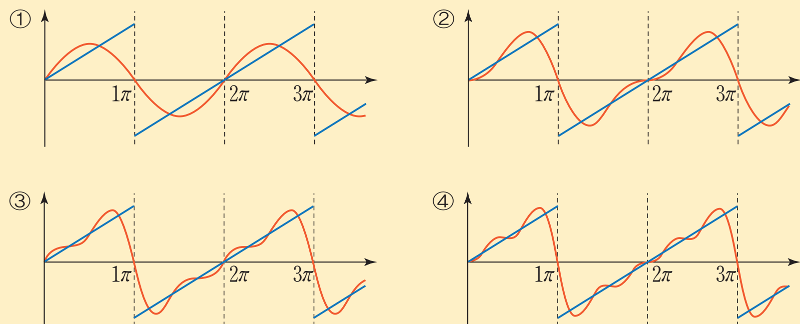
❸ 그림 Ⅰ-56 여러 가지 악기의 파형




108 Ⅰ. 빛과 파동

**심화 학습** 복잡한 음파도 간단한 파동으로!(푸리에 급수)

푸리에 급수를 이용하면 복잡한 주기 함수의 그래프도 삼각함수(sin, cos) 그래프의 합으로 나타낼 수 있다. 합성 삼각함수는 기본 진동수(가장 작은 진동수)의 함수와 기본 진동수의 정수배 진동수를 가지는 함수로 되어 있다. 아래 그림에서와 같이 합해지는 삼각함수의 수가 많아질수록 주어진 함수 $f(x)$와 모양이 비슷해진다. 이런 방식으로 자연음의 복잡한 음파를 간단한 삼각함수들의 합으로 나타낼 수 있다.



### 우리 생활 속의 빛과 파동

우리 생활 주변에는 많은 종류의 빛과 파동이 있으며, 우리는 이것을 적절히 이용하여 더욱 편리한 생활을 누릴 수 있다. 여러 분야에서 빛과 파동이 어떻게 활용되고 있는지 자세히 알아보자.

**탐구 활동** 빛과 파동의 활용 조사

**목표**
빛이나 파동 현상이 기술과 예술 등 다른 분야에서 활용되는 예를 찾아볼 수 있다.

**준비물**
사진을 촬영할 수 있는 장치(디지털 카메라, 휴대 전화 등), 필기도구

**유의점**
파동 현상이 명확하게 강조될 수 있는 영상을 담는다.

**과정**

❶ 인터넷이나 신문 등의 자료를 통해 빛과 파동이 활용된 예를 찾아 스크랩한다.
❷ 조사한 내용을 장소에 따라 분류한다.
* 장소의 예 : 가정, 도로, 과학관, 놀이공원, 병원, 고궁, 미술관, 공연장 등
❸ 모둠을 나누어 선정된 장소 중 하나를 선택하여 빛과 파동이 활용된 예를 사진으로 찍는다.

**결과와 해석** 창의 · 인성

1 모둠별로 찍은 빛 또는 파동이 이용된 사진을 촬영 일지에 기록한다.

촬영 일지
- 장소:
- 날짜:
- 활용된 분야:
- 설명:

사진

2 각각의 예에서 빛 또는 파동이 기술, 예술 등 여러 분야와 관련하여 어떻게 활용되고 있는지 발표해 보자.

2. 파동 109

## 탐구 활동 조사

### 목표

빛이나 파동 현상이 기술과 예술 등 다른 여러 분야에서 어떻게 활용되는지 그 예를 찾을 수 있다.

### 결과와 해석 창의 · 인성

1 촬영 일지
- 장소: 천마 터널
- 날짜: 20 ○○년 ○월 ○일
- 활용된 분야: 건축 예술
- 설명: 익산과 순천 사이의 고속도로에 있는 천마 터널을 달리다 보면 1 km 간격으로 무지개를 볼 수 있다. 터널 바닥에 설치된 LED 조명이 만드는 무지개가 졸음 운전을 방지하는 데에 도움을 준다.



Ⓐ 천마 터널 내부

2 빛과 파동은 도로 조명에 이용될 뿐 아니라 건축물이나 공간의 아름다움을 살리기 위한 목적으로도 이용된다.

※ 모둠 활동을 통해 학생들이 창의 · 인성을 키울 수 있도록 지도한다.

### 관련 지식

#### ❀ 적외선 온도계

적외선 온도계는 적외선을 이용하여 물체의 온도를 측정하여 알려 주는 장치로, 물체에서 방출되는 적외선은 온도에 따라 파장, 세기 등이 달라진다.



Ⓐ 적외선 온도계

## 학습 자료실

#### ❀ 초음파를 이용한 안경의 세척

액체 속에 초음파를 입사시키면 공동(cavitation) 현상이 발생한다. 공동 현상이란 초음파의 에너지가 액체 내에 전파될 때 압력 변화에 의해 미세 기포가 생성되고 소멸되는 현상으로, 매우 큰 압력과 고온을 동반한다.

이러한 현상은 극히 짧은 시간을 주기로 반복하게 된다. 그리고 이때의 충격파에 의해 액체 속에 담겨 있는 피세척물의 내부 깊숙이 보이지 않는 곳까지 짧은 시간 내에 세정이 이루어진다. 초음파 세척기는 보통 20～40 kHz 범위의 초음파를 이용한다.



Ⓐ 초음파 안경 세척기



Ⓐ 초음파 가습기_ 초음파 진동자가 물 분자를 진동시켜 공기 중으로 튀어 나가게 만들기 때문에 물을 끓이지 않고도 실내에 습기를 공급할 수 있다.

우리 생활에서 빛이나 파동이 활용되는 예는 매우 많다. 빛을 이용한 예로는 각종 조명 기구, 영상 표현 장치, 내시경과 같은 의료 기구, 예술 작품 등이 있다. 파동을 이용한 예로는 전파를 이용한 정보 통신, 초음파를 이용한 질병의 진단, 공연 예술에서의 음향 효과, 지진파를 이용한 지질 분석 등이 있다. 이러한 빛과 파동을 이용한 기술은 여러 분야와 융합하여 꾸준히 발전하고 있다.




| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 개념 응용하기 | 과학과 기술 연관 짓기 |
|---|---|---|---|
| | 소리가 처음 발생하는 곳을 무엇이라고 하는가? | 소리의 세기, 높낮이, 맵시는 음파와 어떤 관련이 있을까? | 귀에 장애가 있는 사람이 통화할 수 있게 해주는 골전도 전화기의 원리를 알아보자. |

110 Ⅰ. 빛과 파동

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

음원

▶ **개념 응용하기**

소리의 세기가 셀수록 음파의 진폭이 커지고, 높은 소리일수록 음파의 진동수가 크다. 또 맵시가 달라지면 음파의 파형이 달라져 소리의 음색이 달라진다.

▶ **과학과 기술 연관 짓기**

골전도 전화기는 소리를 듣는 경로에 문제가 있어 소리를 잘 듣지 못하는 사람을 위한 전화기로 소리를 기계적인 진동으로 바꾸어 머리뼈를 통해 청각 신경을 자극하면 고막을 통하지 않고 소리가 직접 전달된다.




### ❀ 음악당에서 가장 좋은 자리

음악당이나 극장에서 또렷하고 큰 소리를 듣고 싶으면 일반적으로 앞쪽 자리가 좋다. 벽 근처 자리도 직접음과 반사음의 시간 간격이 짧아 또렷한 소리를 좋아하는 사람들에게 매우 좋은 자리이다.

최근 만들어진 극장에는 특별히 나쁜 위치라고 할 만한 좌석이 없지만 상영관마다 최적의 영상과 사운드를 즐길 수 있는 위치는 존재한다. 바로 스크린의 중앙에서 상영관 뒤 벽까지의 직선 거리를 측정했을 때의 $\frac{2}{3}$지점에 위치하는 곳이다. 상영관의 영상이나 사운드를 테스트할 때 시각적·청각적으로 가장 만족감을 느낄 수 있는 이 지점이 기준이 된다.




❸ 좌석 배치도

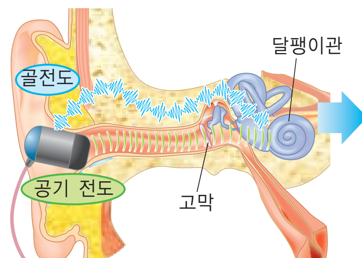



### ❀ 골전도 전화기

(1) **골전도 원리** 음파의 진동이 머리뼈에 전달되고, 머리뼈에서 청각 기관인 속귀로 음파가 전달되어 소리를 인식할 수 있다.

(2) **골전도 전화기** 청각 기관에 문제가 있어 소리를 듣지 못하는 사람을 위해 머리뼈를 통해 음성을 인식할 수 있도록 만들어진 전화기이다.

(3) **응용** 골전도 이어폰 역시 골전도 원리를 이용하여 음악을 들을 수 있도록 한 장치이다.




❸ 골전도 이어폰의 원리



❸ 골전도 이어폰



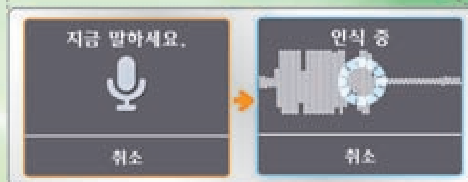
## 음성 인식 기술

음성 인식 기술은 전화나 휴대 전화, 마이크 등을 통해 입력된 사람의 음성을 컴퓨터가 분석하여 기계가 인식할 수 있도록 만든 첨단 소프트웨어 기술이다.

우리 주변에서 음성 인식 기술을 이용한 것에는 텔레비전을 포함한 가정용 전기 기구, 게임기 등이 있다. 음성 인식 텔레비전은 '지난주 방영한 과학 다큐'라고 말하면 텔레비전 화면에 선택 가능한 프로그램 목록이 표시된다. 음성 인식 기술은 전등을 끄고 켜는 단순한 명령에서부터 냉장고 식품 관리까지 음성으로 조작하는 장치가 개발되었다. 또한 휴대 전화를 이용하여 문자를 보낼 때에도 손으로 쓰거나 버튼을 누르는 방식 이외에 음성 인식 기술을 이용하여 말하는 대로 문자로 표시되어 문자 전송이 가능하다.

최근에 들어서 스마트폰 기술이 발달하면서 음성을 통한 검색이나 음성을 문자로 바꿔 주는 등의 매우 다양한 프로그램들이 개발되고 있다.

이 밖에 음성으로 오디오 등을 제어하는 자동차가 등장하였고, 음성으로 작업을 명령하면 그 결과가 헬멧에 표시되는 전투기 등이 이미 선보였다. 또한 상품 분류와 포장 작업에도 이 기술을 이용한다. 이 기술을 이용하면 작업자는 헤드셋과 이동식 컴퓨터를 착용해 다른 일을 하면서도 상품 분류와 포장 작업을 수행할 수 있어 작업 능률을 높일 수 있다.








### 휴대 전화 전파의 주파수

파동은 파장이 길수록 회절이 잘 되는 성질을 가지고 있다. 이에 따라 과거의 휴대 전화는 회절이 잘 되고 사각 지대가 적어서 통화 연결이 잘 되었다. 하지만 최근에는 휴대 전화를 통화 이외에 영상 전송과 같이 많은 양의 정보를 전송하는 데 사용하기 때문에 주파수가 큰, 파장이 짧은 전파를 사용하고 있어 수신이 잘 되지 않을 때도 있다. 따라서 사각 지대는 기지국 수를 늘리는 등의 방법으로 해결하고 있다.

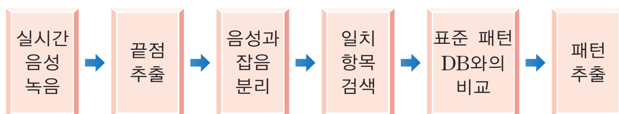
### 참고 자료 사람과 음성 인식 기술 비교

미국 미시시피 대학의 연구 결과에 따르면 현존하는 가장 뛰어난 영문 음성 인식 엔진의 인식률보다 사람의 음성 인식률이 최소 10배는 우수하다고 한다. 이는 잡음이 없는 조용한 환경에서의 결과이며, 실제 잡음이 많은 환경에서 음성 인식 엔진은 인식률에 큰 편차를 보였으나 사람의 경우는 별다른 차이가 없었다고 한다.




### 음성 인식 기술의 원리

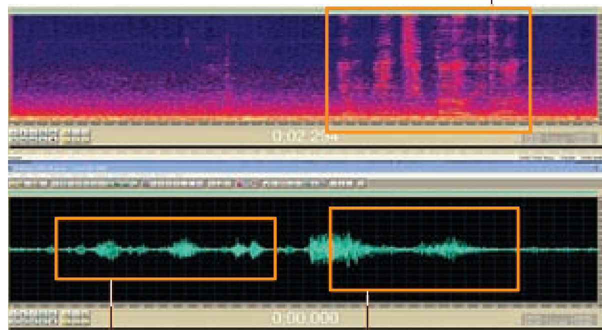
악기 소리와 같이 사람이 말하는 단어 또한 각각의 고유한 파형을 보여 주며, 같은 단어를 정확히 발음했다면 사람마다 연령이나 성별의 차이에도 불구하고 동일한 단어로 인식할 수 있는 고유한 파형 패턴을 형성하게 된다. 음성 인식 기술은 바로 음성 데이터마다 고유한 파형을 인식하고, 동일한 패턴(단어나 음절)을 DB에서 추출하는 기술이다.

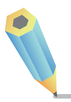



즉, 음성 인식의 기본 기술은 표준화된 음성 패턴 DB를 생성하는 기술과 마이크를 통해 입력된 음성 데이터를 동적으로 변형시켜 가며 표준 패턴 DB와 비교하여 최적화된 패턴 결과를 보여 주는 두 가지 방식이 있다.

### 음성과 잡음 분리하기

영화나 영상을 찍을 때 배우들의 대화 소리를 주변의 잡음으로부터 분리할 수 있다. 대화 음성과 주변 소음이 동시에 입력된 음파를 잡음 분리 프로그램을 이용하면 분리할 수 있다.

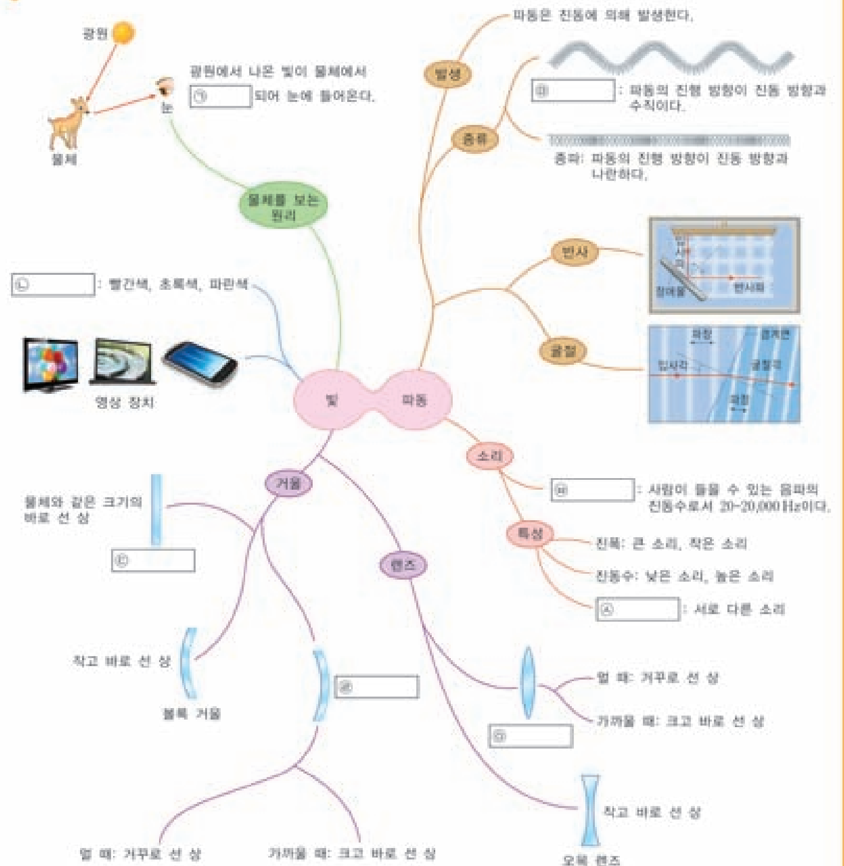




# 대단원 마무리

Ⅰ. 빛과 파동

## 개념 정리하기




### | 정답 |

㉠ 반사

[해설] 사람의 눈은 물체에서 반사된 빛을 인식하여 물체를 본다.

㉡ 빛의 3원색

㉢ 평면 거울

[해설] 평면 거울은 반사면이 편평하고 물체와 같은 크기의 바로 선 상이 생긴다.

㉣ 오목 거울

[해설] 반사면이 오목한 거울로 빛을 퍼지게 한다.

㉤ 횡파

[해설] 용수철을 좌우로 흔들어 만들 수 있는 파동으로, 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 서로 수직이다.

㉥ 가청 진동수

㉦ 맵시

[해설] 소리의 맵시로 사람의 목소리를 구별할 수 있다.

㉧ 볼록 렌즈

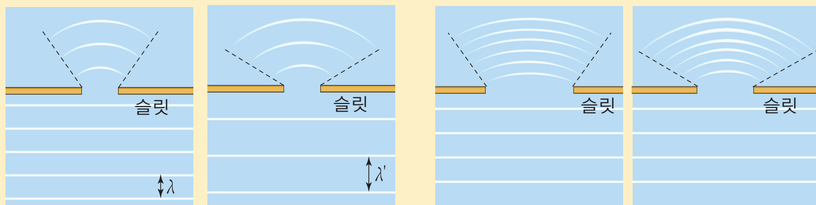
### 효과적인 수업을 위한 Tip

- 학생들에게 사람의 눈이 물체를 어떻게 보는지에 대해 묻고 오개념인 부분을 정확히 짚어 준다.
- 빛의 합성과 관련하여 빛의 3원색, 백색광의 개념, 주변의 다양한 영상 장치의 원리 등을 연관 지어 설명한다.
- 거울이나 렌즈에서 상이 생기는 원리를 탐구 활동을 통해 이해하게 한다.
- 물결파의 진동을 기본으로 하여 파동을 표시하는 방법을 알게 한다.
- 파동의 반사, 굴절 현상을 탐구 활동을 통해 알게 한다.
- 탐구 활동을 통해 다양한 악기가 내는 소리의 파형을 분석하고 소리의 특성인 세기, 높낮이, 맵시를 알게 한다.

### 심화 학습 파동의 회절

파동이 진행하다가 반사나 굴절하는 현상 외에도 파동은 진행하다가 장애물을 만나면 장애물 뒤쪽으로도 전파하게 되는데 이러한 현상을 회절이라고 한다. 우리가 담 너머에 보이지 않는 곳에서 나는 소리를 들을 수 있는 것도 음파가 회절하기 때문이다.

(1) **회절이 잘 일어날 조건** 파장이 길수록, 슬릿의 폭이 좁을수록 회절이 잘 일어난다.




❸ 파장에 따른 회절 정도　　❹ 슬릿의 폭에 따른 회절 정도

(2) **파동의 회절에 의한 현상**

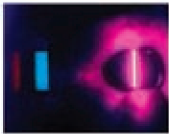
- 문틈으로 불빛이 새어 나온다.(빛의 회절)
- 산속에서는 파장이 긴 AM 방송이 FM 방송보다 잘 들린다.(전파의 회절)

## 개념 적용하기

**1** 물체를 보는 것에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. 물체를 볼 때에는 눈에서 빛이 나온다.
ㄴ. 모닥불을 보는 것은 광원을 보는 것이다.
ㄷ. 빛이 물체를 비추어서 반사된 빛이 우리 눈에 들어오면 물체를 보게 된다.

**2** 그림은 어떤 색을 띠는 빛을 간이 분광기로 관찰한 모습이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. 이 빛은 자홍색으로 보인다.
ㄴ. 이 빛은 눈으로 볼 수 있는 색을 띤다.
ㄷ. 이 빛은 빨간색과 파란색 성분을 포함하고 있다.

**3** 다음의 빛을 합성했을 때 나타나는 색을 옳게 연결하시오.

(1) 빨간색+초록색 • 　　• (가) 청록색
(2) 초록색+파란색 • 　　• (나) 노란색
(3) 파란색+빨간색 • 　　• (다) 자홍색

**4** 그림은 먼 곳에서 본 전광판과 가까이에서 본 전광판의 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. 대형 전광판은 낮에도 잘 보이게 하기 위해 발광체로 LED를 사용한다.
ㄴ. 빨간색, 초록색, 파란색 세 가지 색의 LED로 다양한 색을 내는 전광판을 만들 수 있다.
ㄷ. 전광판이 다양한 색을 구현할 수 있는 것은 사람의 원뿔 세포가 색을 인식하는 원리를 이용한 것이다.

**5** 다음의 상은 평면 거울, 볼록 거울, 오목 거울 중 어떤 거울에 의한 상인지 쓰시오.
(1) 친구의 눈동자에 비친 내 모습
(2) 잔잔한 호수에 비친 나무의 모습
(3) 숟가락 안쪽 면에 거꾸로 보이는 내 모습

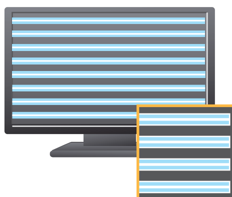
**6** 돋보기에 대한 설명이다. 옳은 것에 ○표 하시오.
(1) 노안들이 쓰는 돋보기는 (볼록, 오목) 렌즈이다.
(2) 돋보기로 보이는 확대된 상은 (실제로 광선이 모여서 만드는, 마치 상에서 광선이 나오는 것처럼 보이는) 상이다.

대단원 마무리 113

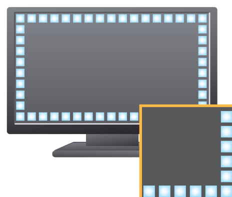
## 과학 자료실

**❀ 백라이트(back light)**

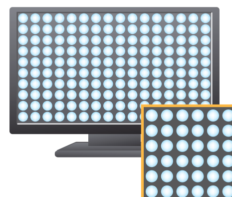
LCD(Liquid Crystal Display)는 스스로 빛을 낼 수 없기 때문에 LCD의 뒷면에서 빛을 비추어 LCD의 색으로 영상을 표현한다. 이러한 LCD의 조명을 백라이트라고 한다. 텔레비전이나 모니터의 경우 예전에는 형광등과 비슷한 원리의 광원(CCFL)을 백라이트로 사용했는데, 최근에는 이보다 더 밝으면서도 전력 소모량이 적은 LED(Light Emitting Diode: 발광 다이오드)를 많이 사용하는 추세이다. ‘LED 디스플레이’ 라고 광고하는 LCD는 정확히 말하면 ‘LED 백라이트를 사용한 LCD’ 라고 말하는 것이 적절한 표현이다.



CCFL



엣지형 LED



직하형 LED

▲ 백라이트의 종류

## 개념 적용하기

**1** ㄴ, ㄷ

[해설] 물체를 보는 과정은 광원에서 나온 빛이 물체를 비추고, 이 빛이 물체에서 반사되어 눈으로 들어오는 것이다.

**2** ㄱ, ㄴ, ㄷ

[해설] 분광기로 관찰했을 때 빨간색과 파란색의 두 가지 빛으로 나뉘어져 보이므로 관찰한 빛은 자홍색이다.
자홍색은 가시광선 영역의 빨간색과 파란색 빛이 합성된 빛이다.

**3** (1) – (나), (2) – (가), (3) – (다)

[해설] 빛의 3원색은 빨간색, 초록색, 파란색으로, 빨간색과 초록색 빛을 합성하면 노란색 빛이, 초록색과 파란색 빛을 합성하면 청록색 빛이, 파란색과 빨간색 빛을 합성하면 자홍색 빛이 나타난다.

**4** ㄱ, ㄴ, ㄷ

[해설] 텔레비전이나 휴대 전화, 컴퓨터에서는 화면 뒤에 광원을 놓고 광원에서 나온 빛으로 화소를 빛낸다.
전광판은 낮에도 멀리서 잘 보여야 하기 때문에 직접 빛을 내는 발광 다이오드(LED)로 화소를 대신한다.

**5** (1) 볼록 거울_ 눈동자에 비친 주변의 모습은 축소되어 보인다.
(2) 평면 거울_ 잔잔한 호수에 비친 나무는 같은 크기의 모습이 호수에 반사되어 보인다.
(3) 오목 거울_ 오목 거울에서 초점 거리보다 멀리 있는 물체는 뒤집어진 모습으로 보인다.

**6** (1) 볼록
(2) 마치 상에서 광선이 나오는 것처럼 보이는

[해설] (1) 돋보기는 작은 글씨를 크게 확대해서 볼 수 있다. 따라서 돋보기 안경의 렌즈는 볼록 렌즈이다.
(2) 볼록 렌즈로 확대해서 보는 상은 실제로 빛이 모여서 만드는 상이 아니라 상에서 빛이 나오는 것처럼 보이는 것이다.

## 개념 적용하기

**7** (1) 음파, 지진파의 P파 (2) 파장

[해설] (2) 그림은 종파의 모습으로, 종파의 빽빽한 구간 사이의 거리를 나타내는 A는 파장을 의미한다.

**8** 진폭: 2 m, 파장: 8 m, 주기: 4초

[해설] 1초 동안 $\frac{1}{4}$파장만큼 진행하므로 이 파동의 주기는 4초이다.

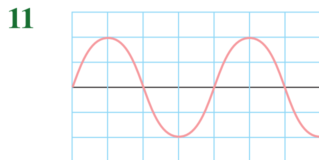
**9** ③

[해설] 물결파의 반사각은 반사 법칙에 의해 입사각과 크기가 같은 50°이다. 동일한 매질에서 반사되므로 파동의 속력은 변하지 않는다.

**10** ⑤

[해설] 물결파가 깊은 곳에서 얕은 곳으로 나아가다가 굴절하면 파장이 짧아진다. 파장은 B가 A보다 짧으므로 수심은 D가 E보다 깊다.

**11**

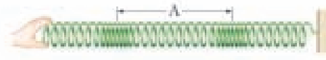


**12** (가) B, (나) A

[해설] 유리컵은 물의 양이 적을수록 빠르게 진동하므로 높은 소리가 난다.

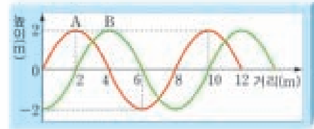
### 개념 적용하기

**7** 다음 그림은 용수철을 앞뒤로 흔들 때 만들어지는 파동이다.



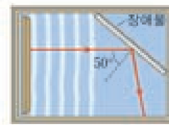

(1) 위 그림과 같이 진행하는 파동의 예를 두 가지 쓰시오.
(2) 위의 파동에서 A가 나타내는 것은 무엇인지 쓰시오.

**8** 그림과 같이 파동 A가 오른쪽으로 진행하여 1초 후에 B와 같은 모양이 되었다.



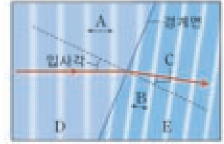

이 파동의 진폭, 파장, 주기는?

**9** 그림은 물결파가 진행하다가 장애물에 부딪혀 되돌아 나가는 모습을 나타낸 것이다.



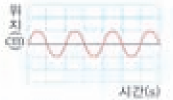

이에 대한 설명으로 옳은 것은?
① 물결파의 반사각은 40°이다.
② 파동의 굴절 현상을 나타낸다.
③ 입사각과 반사각의 크기는 같다.
④ 입사각이 커지면 반사각은 작아진다.
⑤ 장애물에 부딪힌 후 물결파의 속력은 빨라진다.

**10** 그림은 물결파가 수심이 다른 곳으로 진행하는 모습을 나타낸 것이다.



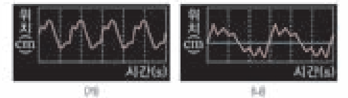

이에 대한 설명으로 옳은 것은?
① A와 B의 간격은 같다.
② 각 C는 입사각보다 크다.
③ D보다 E의 수심이 더 깊다.
④ 물결파는 경계면에서 반사한다.
⑤ 물결파가 굴절할 때 진동수는 변하지 않는다.

**11** 그림은 소리굽쇠를 쳐서 나는 소리를 녹음한 음파이다.




이 음파보다 진폭이 2배이고, 진동수가 $\frac{1}{2}$배인 음파를 그리시오.

**12** 그림과 같이 물의 양이 많은 컵 A를 쳤을 때보다 물의 양이 적은 컵 B를 쳤을 때 더 높은 소리가 발생하였다. 다음 그래프는 두 경우에서 발생한 소리의 파형을 나타낸 것이다.




(가), (나)는 각각 어느 경우의 소리인지 쓰시오.

114 Ⅰ. 빛과 파동

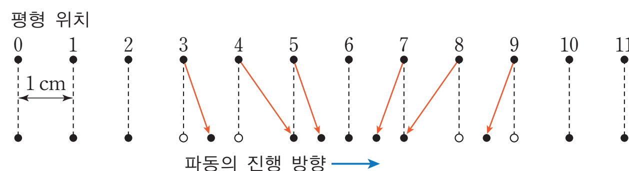
## 학습 자료실

### ❀ 종파를 횡파로 나타내기

종파를 횡파로 나타내면 파동을 해석하기가 쉽다.

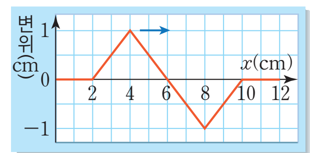
① 종파를 횡파로 나타내는 방법은 각 매질의 변위(평형 위치를 기준점으로 한 매질의 높낮이)의 부호와 크기를 일치시키는 것이다.

② 종파에서는 평형 위치로부터 매질의 각 점들의 변위는 파동의 진행 방향 또는 반대 방향으로 구할 수 있다. 이때 매질이 파동의 진행 방향으로 움직이면 변위에는 양(+)의 값을, 반대 방향의 변위에는 음(−)의 값을 부여한다.



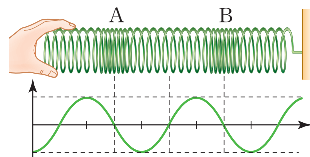

(가) 종파에서 매질의 각 점들의 위치

③ 그림 (가)에서는 종파의 변위가 평형 위치로부터 왼쪽 또는 오른쪽으로 방향이 정해지므로, 오른쪽을 (+), 왼쪽을 (−)로 정할 수 있다. 이 값들을 세로축으로 대치하여 그래프를 그리면 그림 (나)와 같은 횡파 모양의 그래프를 얻을 수 있다.




(나) 종파를 횡파로 나타낸 그래프

④ 그림 (다)는 용수철 파동(종파)을 횡파로 나타낸 것으로, 각 매질의 점들이 평형 위치에서 어느 방향으로 이동하는지를 알 수 있다.




(다) 종파의 횡파적 표현

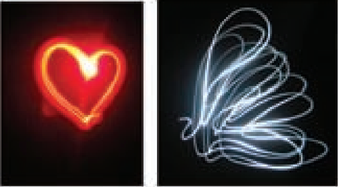
## 개념 응용하기

탐구력 기르기

1) 사람은 세 종류의 원뿔 세포가 있지만 닭을 포함한 조류는 네 종류의 원뿔 세포가 있다.
닭을 위한 텔레비전을 만든다면 우리가 사용하고 있는 텔레비전과 어떤 점이 달라져야 하는지 서술하시오.

분석력 키우기

2) 그림은 움직이는 빛을 찍은 사진이다. 이 사진은 어떻게 찍었을지 생각해 보고, 그 이유를 서술하시오.



탐구력 기르기

3) 다음 그림과 같이 오목 거울을 이용하면 태양열로 물을 끓일 수 있다. 어떤 원리로 물을 끓이는지 서술하시오.



창의 · 인성 키우기

4) 사람의 심장 박동은 주기적으로 진동한다. 심장 박동을 이용하여 움직이는 물체의 속력을 비교하는 방법을 서술하시오.

과학 글쓰기

5) 다음 글을 읽고 돌고래를 보호하기 위한 방안을 글로 쓰시오.

> 수중 음파 탐지기의 초음파는 해양 생물의 생태계에 영향을 미친다. 예를 들어, 돌고래는 수중 음파 탐지기의 초음파를 자신의 동료가 내는 소리로 착각하여 음파 탐지기에 부딪히기도 한다.

창의 · 인성 키우기

6) 다음은 골전도 전화기에 대한 설명이다.

> 골전도 전화기는 소리를 듣는 경로에 문제가 있어 소리를 잘 듣지 못하는 사람을 위해 소리를 기계적인 진동으로 바꾸어 머리뼈를 통해 청각 신경을 자극하여 소리를 전달하는 전화기이다.



노인성 난청 또는 소음성 난청 환자들을 위한 골전도 전화기에 대한 광고 문구를 만들어 쓰시오.

대단원 마무리 115

## 개념 응용하기

1) 사람과 달리 닭은 빨간색, 초록색, 파란색, 자외선의 빛을 인식할 수 있는 네 종류의 원뿔 세포가 있다. 따라서 닭을 위한 텔레비전의 화소는 네 종류의 색을 표현할 수 있어야 한다.

2) 카메라 렌즈를 통해 들어오는 빛은 그 밝기의 정도에 따라 필름에 상을 새긴다. 이때 빛을 받는 시간을 길게 조절하면 빛이 움직이는 경로가 나타나는 사진을 찍을 수 있다.

3) 오목 거울에서 반사된 햇빛은 모두 초점에 모인다. 이때 초점 위치에 냄비를 두면 빛을 받은 냄비의 온도가 높아져 물이 끓는다.

4) 사람의 심장 박동수가 거의 일정하다는 사실을 이용하면 속력 비교가 가능하다. 예를 들어 A가 100 m만큼 달리는 동안 관찰자의 심장이 12회 뛰었고, B가 100 m만큼 달리는 동안 관찰자의 심장이 10회 뛰었다면 B가 더 빨리 달렸음을 알 수 있다.

5) 수중 음파 탐지기에서 나오는 초음파를 돌고래가 내보내는 초음파와 다른 진동수로 사용하거나 돌고래의 활동 시간을 피해 수중 음파 탐지기를 사용해야 한다.

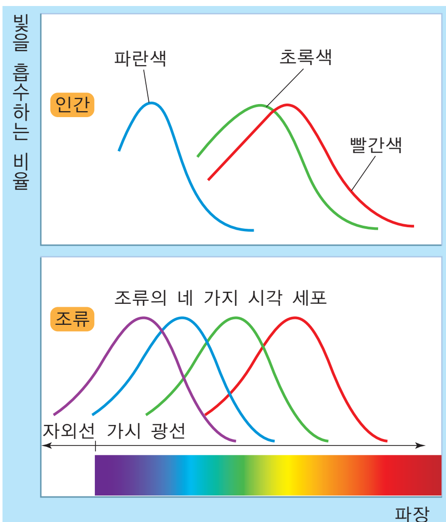
6) 예시_ 소리, 당신도 들을 수 있습니다. 골전도 전화기로 잃어버린 소리를 찾아 드립니다.

### 과학 돋보기

**동물의 원뿔 세포**

어류, 파충류, 조류는 네 종류의 원뿔 세포를 가지고 있다. 그중 세 종류의 세포는 사람과 마찬가지로 빨간색, 초록색, 파란색 영역의 빛을 감지하고, 나머지 하나는 자외선 영역을 인식할 수 있는 세포로 이루어져 있다.

또 영장류 이외의 포유류는 두 종류의 원뿔 세포를 가지고 있다. 예를 들어, 개는 명암을 구별하는 막대 세포는 많지만 원뿔 세포는 두 종류밖에 없어서 검은색과 흰색만으로 주변의 물체를 구별한다.




원뿔 세포의 색각 범위 ➋

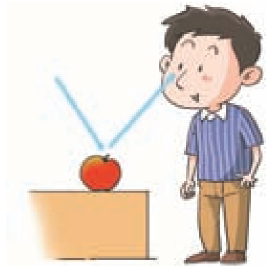
**| 용어 설명 |**

**원뿔 세포** 어느 정도 밝기의 빛에서 색을 감지한다.

**막대 세포** 어두운 곳에서 밝고 어두움을 감지한다.

# 대단원 평가문항 예시

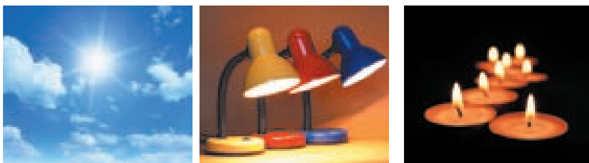
**01** 그림은 사과가 우리 눈에 보이는 모습을 광선으로 나타낸 것이다.



사과가 사람의 눈에 보이는 이유를 설명한 것으로 옳은 것은?

① 빛이 눈에 들어와서 저장되기 때문이다.
② 눈빛이 나와서 사과를 비추기 때문이다.
③ 눈빛과 사과에서 나온 빛이 만나기 때문이다.
④ 눈에서 반사된 빛이 사과를 통과하기 때문이다.
⑤ 사과에서 반사된 빛이 눈에 들어오기 때문이다.

**02** 그림과 같이 빛을 내는 물체에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?



태양　　전등　　촛불

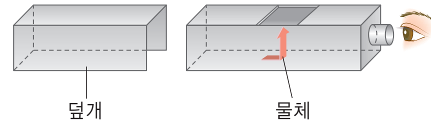
보기
ㄱ. 스스로 빛을 내는 물체를 광원이라고 한다.
ㄴ. 광원이 없는 곳에서는 물체를 볼 수 없다.
ㄷ. 광원에서 나온 빛을 직접 볼 수는 없다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ　⑤ ㄴ, ㄷ

**03** 눈에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

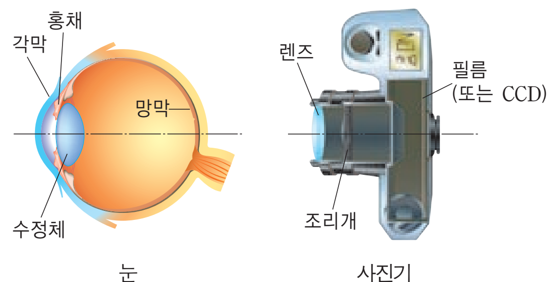
① 사람의 눈이 느낄 수 있는 빛을 가시광선이라고 한다.
② 눈으로 들어온 빛은 망막에 있는 시각 세포가 감지한다.
③ 시각 세포는 물체를 인식하여 전기 신호를 뇌로 보낸다.
④ 눈에 있는 시각 세포에는 원뿔 세포와 막대 세포가 있다.
⑤ 뇌는 세 종류의 원뿔 세포가 받아들인 신호의 세기를 조합하여 색을 판단한다.

**04** 그림과 같이 물체를 넣을 수 있는 어둠상자를 만들고 물체를 넣은 다음 덮개를 덮는다. 이 상태에서 상자 안의 물체를 보다가 덮개를 열고 상자 안의 물체를 보았다.



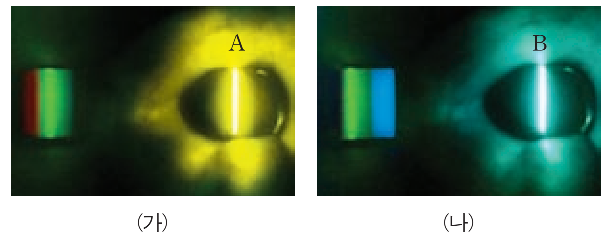

이 활동을 통해 알 수 있는 사실을 쓰시오.

**05** 사람의 눈은 사진기와 비슷하다. 눈의 주요 부위와 비슷한 기능을 갖는 사진기의 부위를 짝지어 보시오.




(1) 각막+수정체 •　　• (가) 조리개
(2) 홍채 •　　• (나) 필름
(3) 망막 •　　• (다) 렌즈

**06** 그림 (가)와 (나)는 각각 어떤 색을 띠는 빛 A와 B를 분광기로 관찰한 스펙트럼의 모습이다.

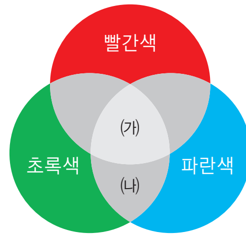



(가)　　(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. 빛 A는 노란색이다.
ㄴ. 빛 B는 자홍색이다.
ㄷ. 빛 A와 B를 눈으로 직접 보면 각각 한 가지 색으로 보인다.

**07** 흰색 벽에 그림과 같이 세 가지 색의 빛을 비추었을 때 (가)와 (나)에 나타나는 색을 순서대로 옳게 짝지은 것은?




| | (가) | (나) |
|---|---|---|
| ① | 흰색 | 청록색 |
| ② | 흰색 | 노란색 |
| ③ | 검은색 | 연두색 |
| ④ | 검은색 | 청록색 |
| ⑤ | 주황색 | 흰색 |

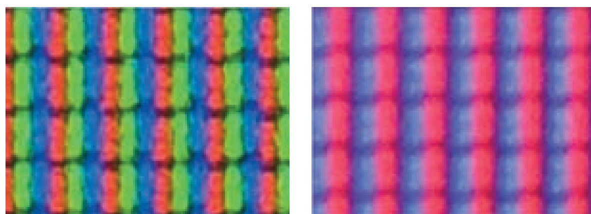
**08** 그림은 햇빛이 프리즘을 통과하여 무지개 색으로 나누어지는 모습을 나타낸 것이다.




이에 대한 설명으로 옳지 <u>않은</u> 것은?

① 햇빛은 여러 가지 색의 빛이 합성된 것이다.
② 무지개와 같은 색의 띠를 스펙트럼이라고 한다.
③ 햇빛은 사람의 눈에 보이는 모든 색의 빛을 포함하고 있다.
④ 햇빛의 스펙트럼은 흰색 빛을 분광기로 보았을 때와 비슷하다.
⑤ 햇빛을 노란색 감귤에 비추면 파란색 영역의 빛은 반사되고 빨간색과 초록색 영역의 빛은 흡수된다.

**09** 그림 (가)는 루페를 사용하여 컴퓨터 화면의 흰색을 본 것이다. 같은 방법으로 보았을 때 그림 (나)와 같이 나타나는 화면의 색은 무엇인지 쓰시오.


(가) (나)

**10** 다음과 같은 관찰을 하였을 때 확인할 수 있는 빛의 성질은?

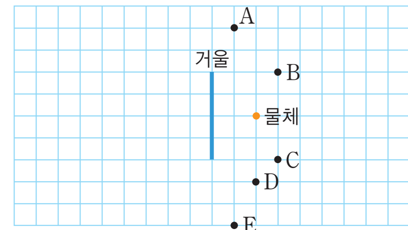
- 구름 사이로 햇살이 비치는 모습을 볼 때
- 등대의 불빛이 나아가는 모습을 볼 때
- 그림자가 생기는 모습을 볼 때

① 빛의 합성 ② 빛의 분산 ③ 빛의 직진
④ 빛의 반사 ⑤ 빛의 굴절

**11** 거울에 대한 설명으로 옳지 <u>않은</u> 것은?

① 평면 거울을 통해 보는 상의 크기는 실물과 같다.
② 오목 거울로 거꾸로 선 상을 볼 수 있다.
③ 오목 거울로 빛을 한곳에 모을 수 있다.
④ 볼록 거울로 확대된 상을 볼 수 있다.
⑤ 볼록 거울의 상은 항상 똑바로 선 상이다.

**12** 그림과 같이 거울 앞에 한 점으로 된 물체가 있다.




(1) 이 물체의 상의 위치를 그림에 표시하시오.

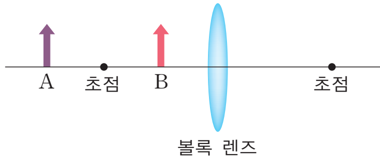
(2) 점 A~E의 위치에서 거울을 통해 물체를 볼 때 물체의 상을 볼 수 없는 위치를 있는 대로 고르시오.

**13** 렌즈에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 빛은 렌즈를 통과할 때 굴절한다.
ㄴ. 오목 렌즈를 통해서 거꾸로 선 상을 볼 수 있다.
ㄷ. 볼록 렌즈를 통해 축소된 상을 볼 수 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ
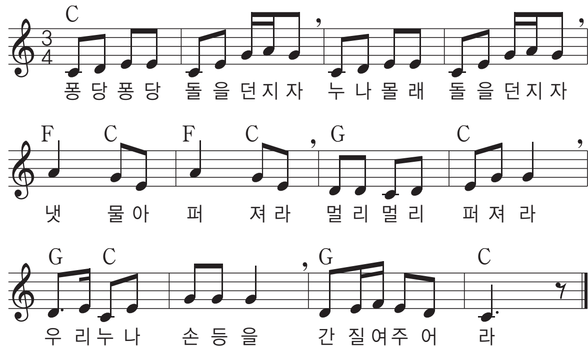
**14** 그림과 같이 볼록 렌즈 초점의 양쪽에 물체 A와 B가 놓여 있다.




이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

> 보기
> ㄱ. A는 작고 거꾸로 선 상으로 보인다.
> ㄴ. B는 크고 똑바로 선 상으로 보인다.
> ㄷ. A의 상은 렌즈의 오른쪽에 맺히고, B의 상은 렌즈의 왼쪽에 있는 것처럼 보인다.

**15** 다음은 '퐁당퐁당'이라는 동요의 일부이다.




위 가사 중 파동의 발생과 전달, 파동이 에너지를 전달하는 내용으로 비유할 수 있는 구절을 찾아 쓰시오.

(1) 파동의 발생:

(2) 파동의 전달:

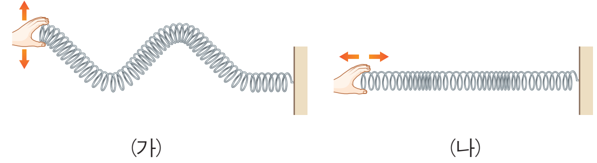
(3) 에너지의 전달:

**16** 그림과 같이 팔짱을 낀 사람들이 앉았다 일어서기를 반복하는 활동은 멀리서 보면 파동의 전달과 비슷하다.



이 활동에서 사람에 비유되는 것은 무엇인지 쓰시오.

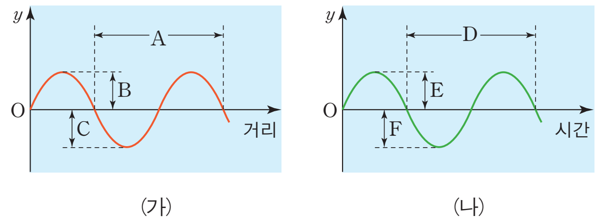
**17** 그림 (가)와 (나)는 용수철의 파동을 나타낸 것이다.




이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 소리는 (나)와 같은 파동이다.
② 물결파는 (가)와 같은 파동이다.
③ (나)와 같은 파동을 종파라고 한다.
④ (가)는 진행 방향과 매질의 진동 방향이 나란하다.
⑤ 전파는 (가)와 같은 파동으로 매질이 없어도 전달된다.

**18** 그림 (가)와 (나)는 파동을 표시한 그래프이다(단, $y$는 매질 위 한 점의 진동 중심으로부터의 높낮이를 나타낸 것이다).



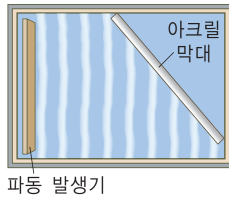

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

> 보기
> ㄱ. (가)는 어느 한 순간의 매질의 위치를 나타낸 것이다.
> ㄴ. (나)는 매질 위 한 점의 진동 모습을 시간에 따라 나타낸 것이다.
> ㄷ. A는 파장, B, E는 진폭, D는 진동수를 나타낸다.

**19** 사람이 목소리를 듣는 과정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 우주 공간에서도 소리는 전달된다.
② 목소리는 성대의 진동으로 만들어진다.
③ 소리는 공기를 진동시키면서 나아간다.
④ 소리가 귀에 들어가면 고막을 진동시킨다.
⑤ 사람이 들을 수 있는 음파의 진동수는 20~20,000 Hz이다.

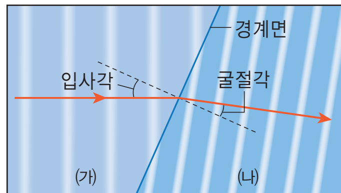
**20** 그림과 같이 물결파 실험 장치에 아크릴 막대를 비스듬히 놓고 직선파를 발생시켜 파동의 모양을 관찰하였다.
이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?




보기
ㄱ. 파동의 굴절을 알아보기 위한 실험이다.
ㄴ. 아크릴 막대에 닿은 물결파는 진동수가 달라진다.
ㄷ. 자동차의 후방 감지기도 이 현상을 이용한 것이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**21** 그림은 물의 깊이에 따라 방향이 꺾여 나아가는 물결파를 나타낸 것이다.

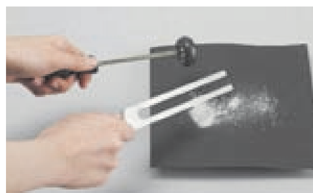



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

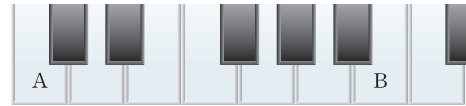
보기
ㄱ. (가)의 물이 얕고, (나)의 물이 깊다.
ㄴ. (가)의 파장이 (나)의 파장보다 길다.
ㄷ. (가)의 주기가 (나)의 주기보다 길다.

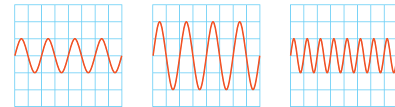
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

**22** 그림과 같이 종이 위에 설탕을 뿌려 놓고 막대로 친 소리굽쇠를 가까이 가져가면, 종이 위의 설탕 알갱이들이 튀어 오르는 모습을 관찰할 수 있다. 이를 통해 알 수 있는 사실을 쓰시오.



**23** 그림과 같은 피아노 건반 A를 눌렀을 때의 소리를 나타낸 음파가 (가)와 같았다.



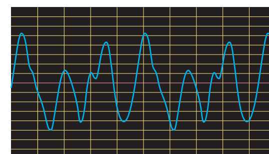



(가) (나) (다)

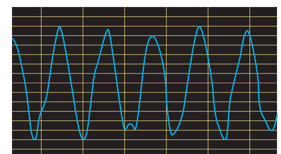
건반 B를 눌렀을 때의 소리를 나타낸 음파(㉠)와 건반 A를 더 세게 눌렀을 때의 소리를 나타낸 음파(㉡)를 옳게 짝지은 것은?

| | ㉠ | ㉡ | | ㉠ | ㉡ |
|---|---|---|---|---|---|
| ① | (가) | (나) | ② | (나) | (나) |
| ③ | (나) | (다) | ④ | (다) | (나) |
| ⑤ | (다) | (다) | | | |

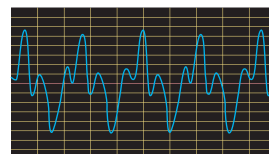
**24** 그림 (가)~(라)는 바이올린, 실로폰, 피리, 하모니카의 '솔' 소리를 같은 세기로 녹음한 음파를 나타낸 것이다(단, 가로축은 시간, 세로축은 진동 중심으로부터의 상대적인 거리를 나타낸다).



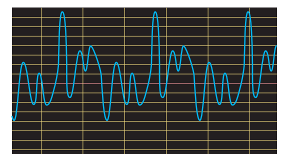
(가) 바이올린 '솔'



(나) 실로폰 '솔'

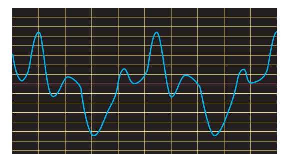


(다) 피리 '솔'



(라) 하모니카 '솔'

어느 장소에서 나는 소리를 녹음한 음파가 오른쪽 그림과 같았다면 이 소리는 (가)~(라) 중 어느 소리에 가까운가?



① (가) ② (나) ③ (다)
④ (라) ⑤ (마)

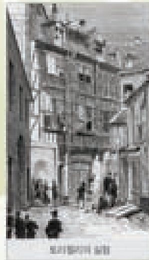


**토리첼리(Torricelli, E. : 1608~1647)**



이탈리아 피렌체 출생으로, 수학자이자 물리학자이다.

토리첼리는 투사 물체와 유체에 관한 연구도 했지만, 특히 유명한 것은 진공에 관한 실험이다. 그는 펌프로 지하의 물을 퍼 올릴 때 약 9 m 이상 상승하지 못하는 현상에 대해 의문을 가졌다. 이러한 의문에서 물보다 무거운 액체인 수은을 채운 유리관을 수은 용기 속에 거꾸로 세우면 수은 기둥의 상단에 진공(토리첼리의 진공)이 생기는 사실을 발견하였다. 이 실험은 대기압과 진공의 존재를 보여 준 실험이었다. 토리첼리는 이 원리를 바탕으로 수은 기압계를 발명하였고, 이를 통해 대기압의 크기가 변한다는 사실도 밝혀냈다.



토리첼리의 실험

116

# Ⅲ 기권과 우리 생활

❖ 이 단원에서는

대기는 눈에 보이지 않는 지구의 수호자로서, 태양으로부터 오는 해로운 자외선을 막아 줄 뿐만 아니라 지구의 온도를 일정하게 유지시키는 역할도 한다. 또한 수권의 순환에 큰 영향을 주며, 날씨의 변화를 통해 우리 삶에 직접 관여한다.

이 단원에서는 기권이 어떠한 구조를 이루고 있으며, 기권의 변화가 우리 생활에 어떤 영향을 주는지 알아보자. 또한 일기 예보 등의 방법을 통해 기후 변화에 대한 예측을 해 보자.

1 기권의 구조와 특징

2 기권의 변화

117

## 단원의 개관

학생들이 초등학교 때 학습한 '온도와 열', '여러 가지 기체', '날씨와 우리 생활', '구름의 생성' 및 중학교 ①의 '수권의 구성과 순환'과 연계된 내용이다.

이 단원에서는 기권의 특징과 변화를 학습하고, 공기는 생물이 생명을 유지하는 데 필수적인 요소임을 알게 한다.

기권은 지구계의 구성 요소로서, 기온의 연직 분포에 따라 층상 구조를 가지며, 기권의 변화에 따라 지구계 내에 다양한 현상이 나타남을 알게 한다.

또한 인간의 활동이 기권의 변화에 영향을 주어 지구 온난화 등의 문제가 발생하고, 이러한 문제는 다시 인간 생활에 영향을 준다는 것을 알게 한다. 나아가 기권의 변화는 다른 권들과 밀접한 상호 작용으로 나타남을 이해하게 한다.

기권의 순환이 지구계의 에너지 평형에 미치는 영향을 알게 한다. 또한 기상 현상은 일기 예보뿐만 아니라 기상 마케팅을 이용한 산업에서도 활용되고 있음을 알고, 우리 생활과 밀접한 관련이 있음을 알게 한다.

## 단원 학습 위계

**이미 배운 내용**

| | |
|---|---|
| 초등학교 5~6학년군 | • 온도와 열<br>• 여러 가지 기체<br>• 날씨와 생활<br>• 구름의 생성 |
| 중학교 ① | • 수권의 구성과 순환 |

**이번에 배울 내용**

• 기권의 구조
• 지구의 복사 평형
• 지구 온난화
• 대기 중의 물
• 기압과 바람
• 날씨와 생활

**다음에 배울 내용**

| | |
|---|---|
| 고등학교 과학 | • 온실 효과와 기후 변화<br>• 탄소 순환 |
| 고등학교 지구 과학 Ⅰ | • 대기 오염<br>• 지구 온난화<br>• 기후 변화의 원인 |
| 고등학교 지구 과학 Ⅱ | • 대기의 운동과 순환<br>• 대기와 해양의 상호 작용 |

## 교육과정

### ■ 학습 내용 성취 기준

(가) 기권은 기온의 연직 분포에 따라 대류권, 성층권, 중간권, 열권으로 구분됨을 알고, 각 층의 특징에 대해 이해한다.

(나) 태양이 지구계의 주요한 에너지원이며, 위도에 따른 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지의 평형을 이해한다.

(다) 탄소의 순환 과정을 알고, 탄소 순환을 지구 온난화와 관련지어 이해한다.

(라) 대기 중의 수증기량과 이슬점, 포화 수증기량, 상대 습도, 단열 팽창 및 응결 현상의 관계를 이해하고, 구름의 생성과 강수 과정에 대해 안다.

(마) 기압의 개념과 크기 및 단위에 대해 알고, 지표면의 차등 가열에 따른 온도 차이로 인해 기압의 변화가 발생하여 바람이 불게 됨을 안다.

(바) 대기 대순환과 순환의 분포가 생기는 원인을 알고, 대기 대순환과 해양의 표층 순환을 관련지어 이해한다.

(사) 기단과 전선, 고기압과 저기압에서 나타나는 기상 현상을 알고 이를 날씨의 변화와 관련지으며, 기상 현상이 우리 생활에 미치는 영향을 이해한다.

### ■ 탐구 활동

(가) 복사 평형 실험하기

(나) 구름 발생 실험하기

(다) 대기 대순환과 해수의 순환의 관계 알아보기

(라) 지구 온난화가 우리 생활에 미치는 영향을 알아보고 미래의 변화를 예측해 보기

## 단원 지도상의 유의점

1. 지구의 대기는 생명체가 생명을 유지하는 데 매우 중요한 역할을 하고 있음을 이해하도록 한다.
2. 공기의 대부분은 지표면 가까이에 분포하고 있으며, 기상 현상은 지구 대기의 일부 구간에서만 일어나는 현상임을 이해하도록 한다.
3. 기권은 우주 공간으로부터 오는 운석이 지상에 도달하는 것을 막아 주고, 성층권의 오존층은 외권으로부터 들어오는 해로운 자외선과 우주선을 막아 주어 생명체를 보호한다는 것을 알게 한다.
4. 지표면이 받는 태양 복사 에너지의 양은 태양의 고도에 따라 달라짐을 알게 한다.
5. 지구 온난화가 우리 생활에 미치는 영향을 다양한 각도에서 생각해 볼 수 있도록 한다.
6. 대기 중의 수증기량을 나타내는 포화 수증기량, 이슬점, 상대 습도 등의 개념과 변화를 알 수 있게 한다.
7. 단열 팽창과 구름의 생성 과정을 실험을 통해 쉽게 이해할 수 있게 한다.
8. 기압의 개념과 크기 및 단위를 실생활의 예를 들어 쉽게 이해할 수 있도록 한다.
9. 대기 대순환의 원인이 위도에 따른 가열 차이와 지구의 자전임을 알고, 해수의 표층 순환을 대기 대순환과 관련지어 이해할 수 있도록 지도한다.
10. 전선을 입체적으로 생각하고, 전선 부근에서 공기의 이동에 따른 성질 변화를 이해하도록 한다.
11. 일기도를 해석하고, 내일의 날씨를 예측할 수 있는 능력을 기르도록 지도한다.
12. 기상 마케팅에 대해 이해하고, 산업 분야에서 기상 마케팅의 필요성이 커짐을 인식하도록 한다.

## 참고 자료

### ■ 참고 도서_교사용

1. 대기 과학 개론(2009), 한국 기상학회 저, 시그마프레스
2. 대기 과학(2009), Frederick K. Lutgens 외 1저, 안중배 외 3역, 시그마프레스

### ■ 읽을 책_학생용

1. 코리올리가 들려주는 대기 현상 이야기(2010), 손은영 저, 자음과 모음
2. 대기와 날씨 변화(2006), 이성한 저, 지경사

### ■ 시청각 자료_internet

1. 한국 교육 학술 정보원: http://keris.or.kr
2. 한국 과학 창의 재단: http://www.kofac.re.kr
3. 기상청: http://kma.go.kr

## ▶ 단원 지도 계획

| 중단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
|---|---|---|---|---|
| Ⅲ-1 기권의 구조와 특징 | 1 기권의 구조 | 6 | 1~2 /20차시 | • 기권<br>• 기권의 연직 구조와 특징<br>• 보충 · 심화: 기권의 특징 |
| | 2 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지 | | 3~4 /20차시 | • 태양 복사 에너지<br>• 지구의 복사 평형<br>• 탐구 활동: MBL을 이용한 복사 평형 알아보기<br>• 탐구의 확장: 거리에 따른 복사 평형 온도 |
| | 3 탄소의 순환과 지구 온난화 | | 5~6 /20차시 | • 탄소의 순환<br>• 지구 온난화<br>• 과학 자료실: 지구의 평균 온도 1℃ 상승의 재앙<br>• 탐구 활동: 지구 온난화가 우리 생활에 미치는 영향 |
| Ⅲ-2 기권의 변화 | 1 대기 중의 물 | 13 | 7~10 /20차시 | • 대기 중의 수증기<br>• 상대 습도<br>• 탐구 활동: 건습구 습도계를 이용한 습도 측정<br>• STEAM: 불쾌지수<br>• 구름의 생성<br>• 탐구 활동: 구름의 발생<br>• 강수 과정<br>• 과학 자료실: 인공 강우 |
| | 2 기압과 바람 | | 11~14 /20차시 | • 기압<br>• 바람<br>• 해 보기: 바다와 육지 중 어디에서 온도 변화가 클까?<br>• 대기 대순환<br>• 대기 대순환과 표층 해류<br>• 탐구 활동: 대기 대순환과 해양의 표층 순환 |
| | 3 날씨와 생활 | | 15~19 /20차시 | • 기단과 전선<br>• 해 보기: 전선이 형성되는 원리<br>• 고기압과 저기압<br>• 보충 · 심화: 태풍, 어떤 현상인가?<br>• 일기도와 일기 예보<br>• 과학 자료실: 여러 종류의 일기 예보가 있다는 것을 아세요?<br>• 탐구 활동: 일기도와 일기 예보<br>• 탐구의 확장: 일기도 분석<br>• 우리나라의 계절별 기압 배치와 날씨<br>• 날씨와 우리 생활<br>• 기상 마케팅<br>• 과학 자료실: 기상 마케터<br>• STEAM: 우리나라 최초의 기상 위성, '천리안' |
| 대단원 마무리 | | 1 | 20/20차시 | • 개념 정리하기, 개념 적용하기, 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
|---|---|---|---|
| 조사<br>토의 | • 기권의 연직 구조가 나타나는 원인과 각 권의 특징에 대해 보고서법으로 평가한다.<br>• 기권의 역할에 대해 토론법으로 평가한다. | 120～123 | 160～163 |
| 조사<br>실험<br>토의 | • 태양 복사 에너지를 이용하고 있는 사례를 보고서법으로 평가한다.<br>• 컵 속의 온도 변화를 통해 지구의 복사 평형을 바르게 이해하는지 실험 보고서법과 토론법으로 평가한다. | 124～129 | 164～169 |
| 토의 | • 지구 온난화가 우리 생활에 미치는 영향을 바르게 파악하고 있는지 토론법으로 평가한다. | 130～135 | 170～175 |
| 토의<br>실험 | • 주변에서 볼 수 있는 물의 증발 현상의 예를 들어 보게 한 후, 공기 속에 수증기가 한없이 많이 포함될 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 건습구 습도계의 원리에 대하여 토의해 보게 한 후, 건습구 습도계를 이용하여 습도를 측정하는 과정을 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 단열 변화의 원리를 이해하고, 구름 발생 장치를 이용하여 구름이 생성되는 과정을 실험 보고서법으로 평가한다. | 138～151 | 176～189 |
| 실험<br>토의 | • 아네로이드 기압계를 이용하여 여러 장소와 다양한 날씨 상황에서 기압을 측정하는 과정을 실험 보고서법으로 평가한 후, 기압의 차이가 생기는 원인을 토론법으로 평가한다.<br>• 우리 주변에서 기압을 이용하여 만든 기구에는 어떤 것들이 있는지 예를 들어 보게 하고, 각 기구들이 어떤 원리에 의해 작동하는지 토론법으로 평가한다. | 152～161 | 190～199 |
| 토의<br>관찰<br>자료 해석<br>조사 | • 우리나라에 영향을 미치는 기단에 대해 보고서법으로 평가한다.<br>• 전선의 종류를 조사하고, 전선의 성질에 대해 토론법으로 평가한다.<br>• 전선의 발달과 소멸 과정에 대해 토론법으로 평가한다.<br>• 일기도에서 고기압과 저기압의 위치를 해석하는 과정을 보고서법으로 평가한다.<br>• 날씨와 관련된 속담을 제시하고, 속담의 과학적 근거에 대하여 토론법으로 평가한다.<br>• 여러 가지 기상 자료를 해석하고, 현재의 날씨와 앞으로의 날씨를 분석하는 과정을 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 일기 예보의 종류에 대해 보고서법으로 평가한다.<br>• 기상 마케팅이 활용되고 있는 산업에 대해 토론법으로 평가한다. | 162～175 | 200～213 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 176～179 | 214～217 |

# 1-1 기권의 구조

### | 학습 내용 안내 |

(1) 기권은 기온의 연직 분포에 따라 대류권, 성층권, 중간권, 열권으로 구분됨을 알고, 각 층의 특징에 대해 이해한다.

(2) 공기의 대부분은 지표면 가까이에 분포하고 있으며, 기상 현상은 지구 대기의 극히 일부 구간에서만 일어나는 현상임을 이해하고, 높이에 따라 기온이 높아질 때와 낮아질 때 공기의 대류 현상이 달라짐을 안다.

(3) 지구의 대기는 생명체가 생명을 유지하는 데 매우 중요한 역할을 하고 있음을 이해한다.

### | 학습 전개 |

지표면에서 높은 곳으로 갈수록 기온이 어떻게 변하며, 기온이 변하는 이유가 무엇인지 생각해 보게 한다.



기권은 높이에 따른 기온 분포에 따라 네 개의 층으로 나눌 수 있음을 설명하게 한다.



대류권, 성층권, 중간권, 열권의 높이에 따른 기온 변화가 나타나는 이유와 각 층에서 나타나는 특징에 대해 설명하게 한다.

**찾아보기**

- 기상청 기후 변화 정보 센터 http://climate.go.kr
- 대기 과학 개론(2009), 한국 기상학회 저, 시그마프레스
- 대기 과학(2008), Frederick K. Lutgens 외 1저, 안중배 외 3역, 시그마프레스
- 대기 환경 과학(2011), C. Donald Ahrens 저, 민경덕 외 1역, Cengage Learning

## 1-1 기권의 구조



학습 목표
- 기권은 기온의 연직 분포에 따라 대류권, 성층권, 중간권, 열권으로 구분됨을 말할 수 있다.
- 기권을 이루는 각 층의 특징을 설명할 수 있다.

우리는 항상 공기 속에서 숨 쉬며 살고 있으면서도 공기가 우리에게 어떤 영향을 주는지 잘 느끼지 못하면서 살아가고 있다. 공기는 인간에게 어떤 존재이며, 공기 속에서 일어나는 일들은 우리와 어떤 관련이 있을까?

지구의 대기는 생물이 생명을 유지하는 데 필수적인 요소일 뿐만 아니라 인간에게 매우 큰 영향을 주는 존재이다. 물속에 사는 물고기가 물에서 일어나는 변화의 영향을 받으며 살아가는 것처럼, 대기 속에서 살아가는 인간도 대기 중에서 일어나는 변화의 영향을 받으며 살아가고 있다.

예를 들어, 우리가 호흡하는 공기의 성분이 달라지면 숨을 쉬는 데 영향을 받게 되며, 주변의 공기가 움직이면 고막을 통해 소리를 듣거나 피부를 통해 바람으로 느끼게 된다. 또한 다른 곳으로 이동하기 위해서는 공기를 헤치고 나아가야 하므로 공기의 저항을 줄여야만 빠르게 이동할 수 있다.

기권을 이루는 대기는 어떤 특징이 있는지 알아보자.





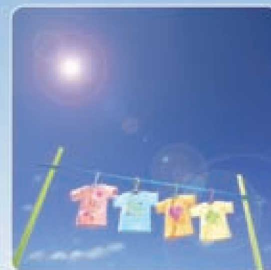


그림 II-1 대기의 이용

120 II. 기권과 우리 생활





❀ **지구의 대기**

(1) **대기의 생성**　원시 대기는 수소, 메테인, 암모니아, 이산화 탄소 등으로 구성되어 있었으나, 시간이 지남에 따라 수소와 같은 가벼운 기체는 날아가고 나머지는 다른 기체로 분화되었다. 대기 중의 산소는 대부분 광합성에 의해 생성된 것이다.

(2) **대기의 성분**　지구 대기는 질소 78 %, 산소 21 %, 기타 성분 1 % 정도로 구성되어 있다. 기타 성분 1 % 중에는 아르곤이 0.9 %를 차지한다. 그리고 공기 중의 농도가 일정하지 않은 기체들에는 수증기, 이산화 탄소, 오존, 이산화 황, 이산화 질소 등이 있다. 이산화 탄소의 평균 농도는 약 0.03 %이다.

(3) **대기의 역할**

① 외권의 위협으로부터 생명체의 보호: 지구 대기는 우주 공간으로부터 오는 운석이 지상에 도달하는 것을 막아 주고, 성층권의 오존층은 외권으로부터 들어오는 해로운 자외선과 우주선을 막아 주어 생명체를 보호한다.

**기권**

지구의 기권을 이루고 있는 **대기**는 지표면으로부터 약 1,000 km 높이까지 존재한다. 지구에 대기가 존재할 수 있는 것은 지구의 중력 때문이다. 따라서 대부분의 대기는 지표면 부근의 낮은 곳에 존재하며, 높이 올라갈수록 대기의 밀도는 급격히 작아진다.

지구의 대기는 여러 종류의 기체들로 구성되어 있다. 대기의 약 99 %는 질소와 산소이며, 두 성분을 제외한 나머지는 아르곤과 이산화 탄소 등으로 이루어져 있다.

또한 대기 중에는 적은 양이지만 수증기도 포함되어 있다. 수증기는 시간이나 장소에 따라 그 양이 다르며, 대기 중에서 구름이나 비, 눈과 같은 기상 현상을 일으키고 지구의 온도를 유지하는 데 중요한 역할을 한다.

기권: 지구 표면을 둘러싸고 있는 두께 약 1,000 km의 공기층

높은 곳에서 대기가 희박한 이유는 무엇인가?

❸ 그림 Ⅱ-2 대기의 조성과 역할




1. 기권의 구조와 특징 121

② **생명체의 생명 활동에 필요한 물질 공급:** 기권은 동물과 식물에게 산소와 이산화 탄소를 공급하는 것을 비롯하여 지구 상의 생명체에게 생명 유지 활동에 필요한 여러 가지 기체를 공급한다.

③ **생명체의 서식 환경 유지:** 지구 대기는 대부분의 생명체가 생명을 유지하는 데 절대적인 요소 중 하나이다. 지구 대기 중의 이산화 탄소와 수증기, 메테인 등은 태양 빛 중 가시광선은 흡수하지 않고 통과시키지만, 지구에서 복사하는 적외선은 흡수하여 지표로 되돌려줌으로써 온실 효과를 일으킨다. 이러한 온실 효과를 통해 생명체가 살아가는 데 적절한 온도가 유지된다.

생명체의 생명 유지에 중요한 역할을 하고 있는 지구의 대기가 미래에도 항상 존재할 것이라고는 장담할 수는 없다. 지구의 평균 기온이 높아지면 바다에서는 증발이 훨씬 더 잘 일어나게 될 것이다. 지구의 기온이 어느 정도 높아져 바닷물의 감소를 가져와 지구 냉각 효과를 줄이는 수준에 이르게 되면 지구의 기온 상승은 더욱 가속화될 것이다. 지구의 기온이 상승하면 기체 분자의 운동 속도가 빨라지게 되고, 기체 분자들은 지구를 탈출하기 쉬워진다. 현재 지구의 기온 상승이 대기의 상실로 이어지지는 않고 있지만, 대기 속에서 생명을 유지하는 우리에게는 가볍게 볼 수 없는 환경 변화이다.

## 학습 자료실

### ❀ 유성

우주 공간으로부터 지구로 떨어지는 암석 덩어리는 지구의 대기권에 들어오면 대기와의 마찰로 불꽃을 내면서 타게 된다. 이것을 유성 또는 별똥별이라고 하는데, 암석 덩어리가 큰 경우에는 타다가 남은 조각이 지표면에 떨어지기도 한다. 이렇게 지표면에 떨어진 암석 조각을 운석이라고 한다.



❷ 유성



❷ 운석

지구가 공전하다가 혜성이 지나간 자리를 지나는 경우에는 혜성의 잔해가 한꺼번에 지구로 떨어지면서 많은 수의 유성이 떨어지기도 한다. 혜성에서 나온 유성체는 초기에 잘 모여서 띠를 이루다가 시간이 지남에 따라 태양 복사 에너지에 의한 압력, 태양과 목성 등 태양계 안의 큰 천체에서 작용하는 중력에 의해 원래 궤도를 이탈하여 태양계의 황도면에 퍼지게 된다.

**잠깐 체크**

지구에 대기가 존재할 수 있는 이유는 지구의 중력 때문이다. 중력은 지표면에 가까울수록 크다. 따라서 대부분의 대기는 지표면 부근에 모여 있으며, 대기의 양은 위로 갈수록 급격히 감소한다.

대류권에는 지구 전체 대기의 약 80 % 이상이 분포하고 있으며, 대류권과 성층권에 있는 공기를 합하면 전체 공기의 99.9 % 이상이 된다.

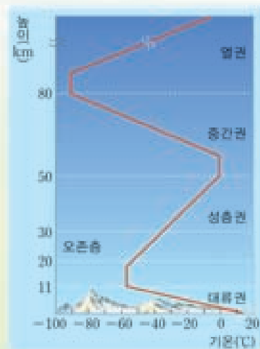



그림 Ⅲ-3 기권의 구조

**기권의 연직 구조와 특징**

에베레스트 산과 같은 높은 산 위에는 여름철에도 눈이 쌓여 있다. 이것은 지표면 근처의 대기는 지표에서 방출되는 열에 의해 가열되지만, 높이 올라갈수록 지표에서 방출되는 열이 적게 도달하여 기온이 낮아지기 때문이다. 그러면 기권에서는 높이 올라갈수록 기온이 계속 낮아질까?

기구나 인공위성 등으로 관측한 기권의 온도 분포는 그림 Ⅲ-3과 같이 나타난다. 기권은 높이에 따른 기온 변화를 기준으로 **대류권, 성층권, 중간권, 열권**의 네 개 구간으로 구분할 수 있다. 이 중 대류권과 중간권에서는 위로 올라갈수록 기온이 낮아지므로 공기의 대류 현상이 일어나지만, 위로 올라갈수록 기온이 높아지는 성층권과 열권에서는 대류 현상이 일어나지 않는다.

잠깐 체크 기권을 네 개의 층으로 구분하는 기준은 무엇인가?

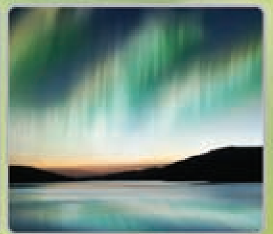
그림 Ⅲ-4 기권에서 나타나는 현상



구름·비 등의 기상 현상



유성



오로라

**자기 주도 학습**

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
|---|---|---|
| 대기의 99 %를 차지하는 두 가지 성분은 무엇인가? | 대류권과는 달리 성층권에서 위로 올라갈수록 기온이 높아지는 이유는 무엇인가? | 우리가 사용하는 휴대 전화와 같은 무선 통신 기기는 위성과 신호를 주고받는다. 전리층이 있는데도 지상과 위성 사이에 무선 통신이 가능한 이유를 생각해 보자. |

122 Ⅲ. 기권과 우리 생활

**잠깐 체크**

지구의 기권은 높이에 따른 기온 변화에 따라 네 개의 구간으로 나뉘는데, 아래쪽에서부터 각각 대류권, 성층권, 중간권, 열권이라고 부른다.

## 자·기·주·도·학·습

**▶ 개념 확인하기**

대기의 약 99 %는 질소와 산소로 이루어져 있다. 질소와 산소를 제외한 나머지 1 %는 아르곤과 이산화 탄소 등으로 구성되어 있다.

**▶ 생활 속 문제 해결하기**

높이 약 20~30 km 부근에 오존층이 존재하여 이곳의 오존이 태양으로부터 오는 자외선을 흡수하기 때문이다.

성층권에 오존층이 없다면 대류권에서와 마찬가지로 높이 올라갈수록 지구 복사 에너지가 적게 도달하므로 기온이 낮아진다. 따라서 중간권 계면까지 높이 올라갈수록 기온이 낮아지다가 열권에서부터는 높이 올라갈수록 기온이 상승하게 될 것이다.

**▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기**

위성 통신에는 지구의 대기권과 전리층에서 반사나 흡수되지 않는 전파를 사용하기 때문이다.

인공위성의 궤도는 보통 전리층이 있는 높이보다 훨씬 더 높다. 따라서 위성이 지상의 무선 통신 기지국과 신호를 주고받기 위해서는 무선 통신에 사용되는 전파가 전리층을 통과해야만 한다.

전리층에서는 모든 파장의 전파를 반사하거나 흡수하는 것은 아니므로 위성 통신에서는 전리층과 대기권에서 흡수나 반사가 적은 비교적 파장이 짧은 마이크로파를 사용한다.




## 과학 돋보기

**❀ 기권의 대류 운동과 성층권**

(1) **대류와 기상 현상** 기권에서 공기의 상하 대류가 일어나는 층은 대류권과 중간권이지만, 기상 현상은 대류권에서만 일어나는데, 그 이유는 수증기가 존재하기 때문이다. 대기 중의 수증기는 주로 지표면에서 공급된다. 그러나 성층권에서는 대류가 일어나지 않으므로 지표면에서 증발한 수증기는 중간권까지 올라가기 어렵다. 따라서 기상 현상은 대부분의 수증기가 존재하는 대류권에서만 일어난다.

(2) **성층권의 발견** 프랑스의 테스랑 드 보르가 성층권을 처음으로 발견하였다. 그는 1902년 대기의 연직 기온 분포를 조사한 결과 고도 약 11 km 이상에서는 기온이 거의 일정하고 기온 감률이 0으로서, 대류권과는 성질이 뚜렷하게 다르다는 사실을 밝혔다. 같은 해에 독일의 기상학자 아스만도 기구 관측 결과로 테스랑 드 보르의 관측 결과를 증명하였다. 이러한 등온층 속에서는 대류가 잘 일어나지 않고, 지구의 중력 때문에 공기 중의 무거운 기체는 밑으로, 가벼운 기체는 위로 분리되어 층을 이루게 된다고 생각하여 성층권이라고 이름지었다. 그러나 그 후의 관측 결과에서 오존이나 수증기를 뺀 나머지 성분의 기체 조성은 성층권 내에서도 거의 일정하다는 사실이 알려졌다.

## 기권의 특징

보충·심화




**외권**_ 지구를 둘러싸고 있는 우주 공간을 말한다. 외권에 있는 밴앨런대는 지구 자기장에 의해 형성된 것으로서, 우주에서 지구로 들어오는 유해한 우주선이나 태양에서 방출되는 높은 에너지를 가진 입자를 막아 줌으로써 지구 상의 생명체를 보호해 준다.

**열권**_ 지표면에서 높이가 약 80 km 이상인 구간이다. 이곳은 공기가 매우 희박하여 밤과 낮의 온도 차이가 크다. 극지방 상공에는 오로라가 나타나며, 기체 상태의 이온들이 많이 분포하는 전리층이 존재한다. 전리층은 전파를 흡수하거나 반사하여 무선 통신에 중요한 역할을 한다.

**중간권**_ 지표면에서 높이가 약 50~80 km인 구간으로서, 높이 올라갈수록 기온이 다시 낮아지는 구간이다. 중간권에서도 대류는 일어나지만 대기가 희박하고 수증기가 거의 없으므로 기상 현상은 나타나지 않는다. 이 구간에서는 유성이 많이 나타나며, 중간권과 열권의 경계면 부근은 기권에서 기온이 가장 낮다.

**성층권**_ 지표면에서 높이가 약 11~50 km인 구간으로서, 높이 약 20~30 km 부근에는 오존층이 존재하여 이곳의 오존이 태양으로부터 오는 자외선을 흡수하므로 위로 올라갈수록 기온이 높아진다. 성층권에서는 대기가 안정하여 대류 현상이 일어나지 않는다.

**대류권**_ 지표면에서 약 11 km 높이까지의 구간으로서, 높이 올라갈수록 기온이 낮아진다. 이 구간에서는 지표면에서 멀어질수록 지표에서 방출되는 복사 에너지가 적게 도달하므로 기온이 낮아진다. 대류권에서는 대류 현상이 활발하게 일어나고, 바람이 불고 강수 현상이 나타난다.

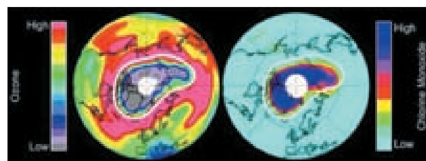
1. 기권의 구조와 특징 123

### ❀ 오존층

**(1) 오존층** 오존층은 대기권의 성층권 내에서 오존의 밀도가 높은 영역이다. 대기 중 오존의 총량은 매우 적어서 2 ppm 정도에 불과하지만, 오존층에 존재하는 오존은 생명체에 유해한 자외선을 차단하는 우산과 같은 역할을 한다.

오존층의 오존은 대부분 성층권에서 광화학적 과정으로 생성된다. 성층권의 오존은 자외선을 흡수하여 차단하는데, 이때 오존의 생성과 자연적인 파괴로 인한 손실은 균형을 이루게 된다.

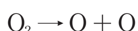
그러나 최근 인위적인 화학 물질에 따른 오존의 파괴로 오존층이 점차 얇아지고 있는 것으로 나타나고 있다.




❷ 남극의 오존과 일산화 염소 농도

**(2) 오존의 생성과 소멸**

① **오존의 생성:** 성층권의 산소 분자는 자외선에 의해 해리되어 산소 원자로 분해되므로, 성층권에서는 산소 원자와 산소 분자가 섞여 있다. 성층권에서 질소 분자($N_2$)나 산소 분자($O_2$)를 촉매(M)로 하여 산소 분자와 원자가 결합하여 오존($O_3$)이 된다.



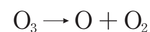
$$O_2 \rightarrow O + O$$



$$O_2 + O + M \rightarrow O_3 + M$$

실제 대기 중에서는 질소($N_2$)나 산소 원자(O)가 촉매(M)의 역할을 한다.

② **오존의 소멸:** 오존은 불안정한 구조를 하고 있으므로 생물체에 유해한 자외선을 흡수하여 산소 분자와 산소 원자로 분해된다. 그리고 이 산소 원자가 다른 오존 분자와 충돌하여 두 개의 산소 분자가 되면서 오존이 소멸된다.



$$O_3 \rightarrow O + O_2$$



$$O_3 + O \rightarrow 2O_2$$

**✚참고 자료** 라디오존데

라디오존데는 기압계, 온도계, 습도계 등을 기구에 장착해 대기 상층의 기온, 기압, 풍향, 습도, 오존 농도, 일사량, 공중 전기, 방사능 등 기상 자료의 값을 관측하여 지상에 송신하는 측정 장치이다. 측정한 값은 무선 발신기를 통해 발신된다.

라디오존데는 수천 개의 풍선으로 운반되며, 전 세계의 기상 관측소에서 매일 운영하고 있다. 우리나라에서도 기상청 산하의 포항 · 제주 고층 기상대에서 매일 2회에 걸쳐 라디오존데를 띄워 해당 지역의 고층 기상 관측을 실시하고 있다.

상층 오존의 양을 측정하기 위한 오존존데와 태풍 중심부를 관찰할 때 쓰이는 낙하 존데가 있다. 낙하 존데는 비행기에서 낙하산에 매달아 떨어뜨리는 방법이다.



❷ 라디오존데

# 1-2 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지

## 학습 내용 안내

(1) 태양 복사 에너지는 파장에 따라 여러 가지로 구분할 수 있음과 태양은 지구계의 중요한 에너지원임을 이해한다.

(2) 지표면이 받는 태양 복사 에너지의 양은 태양 빛의 고도에 따라 달라짐을 알고, 위도에 따른 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지의 평형을 이해한다.

## 학습 전개

태양 복사 에너지에는 가시광선 이외에도 자외선, 적외선 등이 포함되어 있음을 설명하게 한다.



지구는 태양으로부터 계속해서 에너지를 받고 있는데도 일정한 온도를 유지하고 있는 이유가 무엇인지 생각해 보게 한다.



지구는 태양으로부터 에너지를 받기만 하는 것이 아니라 지구도 적외선 형태로 에너지를 방출함을 설명하게 한다.



지구가 일정한 온도를 유지할 수 있는 것은 흡수하는 에너지의 양과 방출하는 에너지의 양이 같기 때문임을 설명하게 한다.



지구 전체로는 복사 평형을 이루고 있지만, 위도에 따라서는 평형이 이루어지지 않으며 에너지의 이동이 필요함을 설명하게 한다.

### 찾아보기


- Energy Studies(2003), Shepherd 외 1저, Imperial College Press
- Science 101 Weather(2007), Bell 외 1저, Harpercollins




# 1-2 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지

**학습 목표**

- 태양이 지구계의 중요한 에너지원임을 알 수 있다.
- 위도에 따른 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지의 평형을 설명할 수 있다.

태양으로부터 지구로 입사되는 에너지는 지구의 여러 곳에 흡수된다. 이렇게 흡수된 에너지는 지구 표면에서 여러 가지 변화를 일으킨다. 그런데 지구는 태양 복사 에너지를 흡수하기만 하는 것일까?

햇빛을 받으면 따뜻해진다. 그래서 햇빛을 많이 받는 여름철에는 기온이 높고, 햇빛을 적게 받는 겨울철에는 기온이 낮다. 또 햇빛을 많이 받는 저위도 지방은 덥고, 적게 받는 고위도 지방은 춥다. 따라서 우리가 태양으로부터 받는 햇빛의 양은 계절과 지역에 따라 달라짐을 알 수 있다. 그러면 지표면에서 받는 에너지는 계절이나 지역에 따라 어떻게 달라질까?

### 태양 복사 에너지

에너지는 여러 가지 방법으로 전달된다. 열에너지는 가열된 공기나 물이 이동하면서 다른 곳으로 전달되기도 하고 물체를 통해 가열된 쪽에서 다른 쪽으로 전달되기도 한다. 그런데 태양으로부터 오는 에너지는 우주 공간을 가로질러 직접 지구까지 전달된다. 즉, 중간에 다른 물질의 도움 없이 에너지가 직접 전달되는 것이다. 이렇게 전달되는 에너지를 **복사 에너지**라고 하며, 태양이 내보내는 복사 에너지를 **태양 복사 에너지**라고 한다.

**더하기 복사**
전도나 대류는 에너지를 전달하는 물질의 도움을 받아 전달되지만, 복사는 다른 물질의 도움 없이 전달된다.

⊙ 그림 Ⅱ-5 태양 복사 에너지_ 태양은 사방으로 복사 에너지를 방출한다. 태양이 내보내는 에너지 중 아주 적은 양이 지구에 도달하지만, 이것은 지구계를 유지하는 데 중요한 에너지원이 된다.





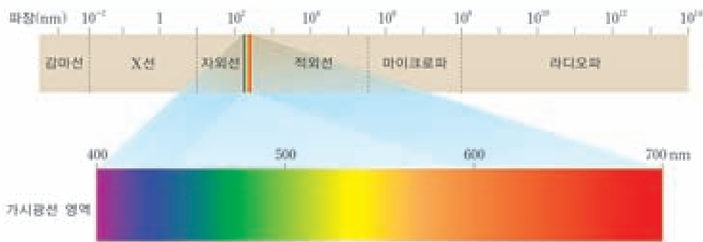



### ❀ 태양 복사 에너지

(1) **지구의 에너지원**　지구 상에 많은 생명체가 생명 활동을 유지하고, 지표면에서 기상 현상이 생기거나 물질의 이동이 일어나는 것은 모두 에너지가 순환하고 있기 때문이다. 지구 상의 이러한 에너지는 대부분 태양 복사 에너지로부터 전달된다. 빛이 없는 우주 공간의 온도는 −271℃ 정도로 매우 낮으므로, 태양 복사 에너지가 도달하지 않는다면 지구 표면은 꽁꽁 얼게 될 것이다. 실제로 지구는 하루 동안에도 태양 복사 에너지를 받지 않는 밤에는 계속해서 열을 빼앗겨 해가 뜨기 직전까지는 온도가 계속 낮아진다.

(2) **태양 복사 에너지**　태양 복사 에너지는 태양의 중심부에서 일어나는 핵융합 반응으로 만들어진다. 태양의 중심핵에서는 수소 원자 4개가 모여 1개의 헬륨 핵을 만든다. 이 과정에서 질량 손실이 발생하게 되는데, 이때 손실된 질량이 태양의 에너지를 만드는 것이다.

태양으로부터 전달되는 에너지를 복사 에너지라고 하는 이유는 에너지의 전달 형태가 전도나 대류와 다르기 때문이다. 태양으로부터 전달되는 빛에너지는 진공에 가까운 우주 공간을 가로질러 전달되기 때문에 다른 매질의 도움을 받지 않고 에너지가 직접 전달된다. 따라서 태양 에너지를 태양 복사 에너지라고 부른다.



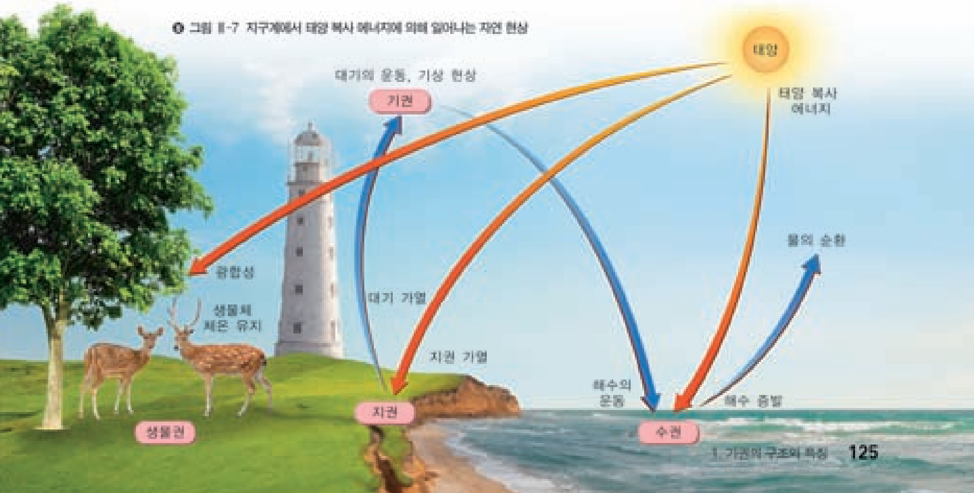

❶ 그림 Ⅱ-6 태양 복사 에너지의 구성

태양 복사 에너지 속에는 우리 눈에 보이는 가시광선 이외에도 자외선이나 적외선 등 우리 눈에 보이지 않는 복사 에너지들이 들어 있다. 태양은 여러 파장 영역의 복사 에너지를 사방으로 방출하고 있는데, 그중의 일부가 지구로 들어온다.

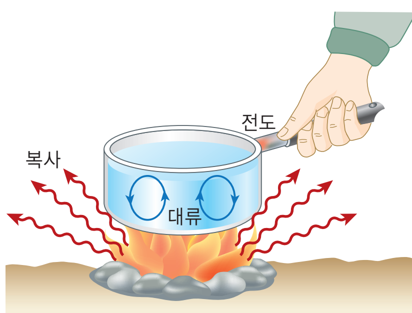
지구에 입사된 태양 복사 에너지는 지구계의 각 영역에서 흡수된다. 지권은 태양 복사 에너지를 흡수하여 따뜻해진 후 대기를 가열한다. 수권에 흡수된 태양 복사 에너지는 해수를 증발시켜 물의 순환을 일으키거나 대기를 가열하는 데 사용된다. 기권에 흡수된 태양 복사 에너지는 대기 운동의 에너지원이 된다. 대기의 운동은 해수의 운동과 기상 현상을 일으킨다. 또 생물권에 흡수된 태양 복사 에너지는 광합성을 통해 생물체가 영양소를 합성하는 데 사용되거나 생물체의 체온을 유지하는 데 이용된다. 이와 같이 지구에 흡수된 태양 복사 에너지는 지구계를 유지시키는 데 필요한 에너지원이 된다.

**나노미터(nm)** 미세 길이의 단위로서, 1나노미터는 10억분의 1미터이다.

❷ 그림 Ⅱ-7 지구계에서 태양 복사 에너지에 의해 일어나는 자연 현상






❸ 열의 전달 방법

① **전도**: 열이 물체를 통해 전달되거나 직접 접촉에 의해 온도가 높은 물체에서 낮은 물체로 전달되는 형태이다.

② **대류**: 공기나 물 등의 가열된 유체가 온도가 낮은 쪽으로 움직이면서 열이 전달되는 형태이다.

③ **복사**: 열에너지가 전자기파로 직접 방출되는 현상으로서, 매질의 도움 없이 전달되는 형태이다.

**(3) 태양 복사 에너지의 구성** 태양으로부터 오는 에너지는 다양한 파장의 전자기파로 구성되어 있다. 이 중에서 우리 눈에 보이는 빛을 가시광선이라고 하며, 파장은 400∼700 nm의 범위를 가지고 있다. 가시광선에서 파장이 짧은 빛은 보라색이고, 파장이 긴 빛은 빨간색이다.

태양 복사 에너지 중 파장이 보라색보다 더 짧아 우리 눈에 보이지 않는 빛을 자외선이라고 하며, 파장이 빨간색보다 길어 우리 눈에 보이지 않는 빛을 적외선이라고 한다.

자외선보다 더 짧은 파장의 빛에는 X선, 감마선이 있다. 적외선보다 파장이 더 긴 빛은 전파라고 부르며, 마이크로파와 라디오파가 있다.

**(4) 태양 복사 에너지의 전환** 지구에 도달한 태양 복사 에너지는 지구계의 각 영역에서 흡수된 후 각 권 사이를 순환한다. 이 과정에서 태양 복사 에너지는 다른 에너지로 전환되면서 지표면의 물질 순환을 일으킨다.

지표면과 대기에 흡수된 태양 복사 에너지는 대기와 해수의 움직임을 일으켜 대기나 물의 운동 에너지나 위치 에너지로 전환된다. 해수에 흡수된 태양 복사 에너지의 일부는 바다에서 물이 증발할 때 수증기의 잠열로 저장되고, 일부는 해수에 저장되었다가 해수면 위의 공기를 데우는 데 이용되기도 한다. 또한 식물에서는 광합성을 통해 화학 에너지로 저장되었다가 동물에게 전해져 동물의 에너지원으로 쓰이기도 하고, 땅속에 묻혀 화석 연료로 저장되어 사용되기도 한다.

### ❀ 태양광 에너지

태양 전지를 이용하여 태양 에너지를 직접 전기 에너지로 변환하는 시스템이다. 이것은 반도체 소자에 의한 발전으로서, 보수가 쉽고, 소규모에서 대규모에 이르기까지 발전이 모두 가능하다.

태양광 에너지는 무한정, 무공해한 에너지로서, 연료비가 필요하지 않고, 대기 오염이나 폐기물이 발생하지 않는다. 또한 발전 부위가 반도체 소자이고 제어부가 전자 부품이므로, 기계적인 진동과 소음이 적고 수명이 20년 이상으로 길다. 그러나 태양 전지의 가격이 비싸고, 일사량에 따라 전력 공급이 원활하지 않을 수도 있다.



❹ 태양 전지

## 지구의 복사 평형

지구는 탄생한 이후 지금까지 태양으로부터 복사 에너지를 계속해서 받고 있다. 그럼에도 불구하고 지구의 기온이 계속 높아지지 않는 이유는 무엇일까?

### 탐구 활동 | MBL을 이용한 복사 평형 알아보기 | 실험

**목표**
복사 평형 실험을 통해 지구에서의 복사 평형의 원리를 설명할 수 있다.

**준비물**
노트북 컴퓨터, MBL 실험 장치, 온도 센서, 전등(100 W), 검은색 알루미늄 컵, 30 cm 자

**과정**

❶ 온도 센서를 꽂은 알루미늄 컵을 100 W 전등으로부터 20 cm 떨어진 거리에 설치한다.
❷ 노트북 컴퓨터에 인터페이스를 연결하고, 인터페이스에 온도 센서를 연결한다.
❸ 측정 간격을 1초, 실험 시간을 1,200초(20분)로 설정한다.
❹ 전등을 켜고 데이터 수집을 시작한다.
❺ 컵 속의 온도가 어떻게 변하는지 관찰한다.
❻ 20분 동안 데이터를 수집한 후 그래프를 그린다.



**유의점**
전등이 뜨거우므로 손이나 팔에 닿지 않도록 주의하고, 전등을 끈 후에도 바로 만지지 않도록 한다.

**결과 및 해석** 창의 · 인성

1 처음에 컵 속의 온도는 얼마인가?

2 전등을 켠 후 컵 속의 온도는 어떻게 변하며, 이와 같이 온도 변화가 나타나는 이유는 무엇인가?

3 일정한 시간이 지나면 컵 속의 온도는 어떻게 되며, 이와 같이 온도 변화가 나타나는 이유는 무엇인가?

4 위 실험 결과를 태양 복사 에너지를 받는 지구에 적용하여 설명해 보자.

126 Ⅱ. 기권과 우리 생활

## 탐구 활동 | 실험

### | 목표 |

복사 평형 실험을 통해 지구에서의 복사 평형의 원리를 설명할 수 있다.

### | 원리 설명 |

1 에너지를 흡수하는 모든 물체는 흡수와 동시에 에너지를 방출하기도 한다.
2 에너지를 흡수하는 모든 물체는 충분한 시간이 지난 후에는 복사 평형에 도달한다.

### | 유의점 |

1 전등의 열 이동은 복사임을 설명한다.
2 전등의 불을 켜기 전에 알루미늄 컵에 꽂은 온도계의 온도가 실온과 같아졌을 때 실험을 시작하도록 한다.
3 알루미늄 컵에 뚜껑을 잘 끼워 열이 새지 않도록 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 사용하는 전등의 세기에 따라 온도 변화와 복사 평형이 일어나는 시간이 달라질 수 있다. 따라서 미리 실험을 해 보고 사용하는 전등에 알맞은 거리에 알루미늄 컵을 설치하도록 한다.
2 사용하는 기기에 따라 학생들이 MBL 조작에 어려움을 겪을 수 있으므로, 사전에 준비해 놓거나 사용 방법을 지도하도록 한다.

### | 결과 및 해석 | 창의 · 인성

1 (예시) 17.6℃
2 알루미늄 컵 속의 온도는 상승한다. 알루미늄 컵이 방출하는 에너지의 양보다 흡수하는 에너지의 양이 많기 때문이다.
3 온도가 더 이상 상승하지 않고 일정해진다. 알루미늄 컵이 흡수하는 에너지의 양과 방출하는 에너지의 양이 같아졌기 때문이다.
4 지구는 태양으로부터 흡수하는 만큼의 에너지를 방출하므로 지구는 일정한 온도를 유지한다.

### | 평가 기준표 |

| 평가 문항 | | 점수(✓) 상 | 중 | 하 |
|---|---|---|---|---|
| 태도 | 실험 장치를 적절하게 조작하였는가? | □ | □ | □ |
| 결과 및 해석 | 1. 실험의 결과를 지구의 복사 평형에 바르게 적용하여 설명하였는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 온도 변화를 에너지의 출입량과 관련지어 올바르게 해석하였는가? | □ | □ | □ |

### | 관련 지식 |

#### ❀ 복사 평형

물체가 외부로부터 흡수한 복사 에너지의 양과 방출한 복사 에너지의 양이 평형을 이루는 상태이다. 물체가 외부로부터 흡수하는 에너지의 양이 방출하는 에너지의 양보다 많을 때는 물체의 온도가 올라가고, 반대로 방출하는 에너지의 양이 흡수하는 에너지의 양보다 많으면 온도가 내려간다. 장기적으로 지구가 일정한 온도를 유지할 수 있는 이유는 지구가 태양으로부터 흡수하는 에너지의 양과 지구가 우주 공간으로 방출하는 에너지의 양이 같기 때문이다.



**탐구의 확장** 거리에 따른 복사 평형 온도

과정

❶ 전등과 30 cm 떨어진 자리에 알루미늄 컵을 설치하면 결과 및 해석 2와 3의 온도는 어떻게 달라질지 예상해 보자.

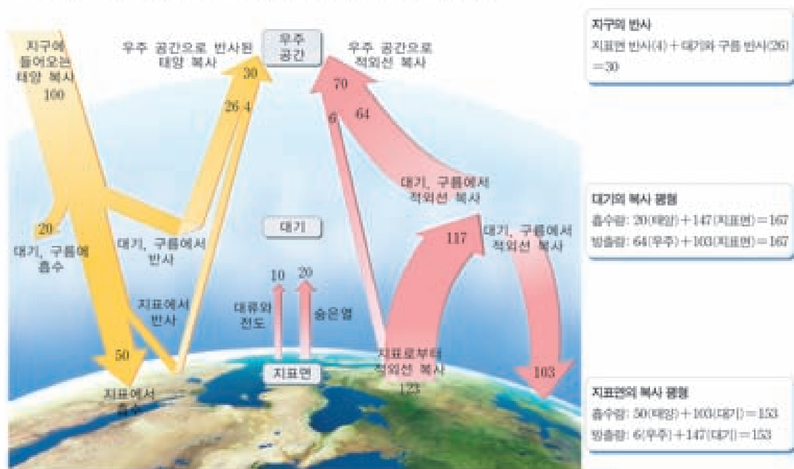
❷ 알루미늄 컵을 전등에서 30 cm 떨어진 곳으로 옮긴 후의 온도 변화를 측정하여 예상과 맞는지 확인해 보자.

지구는 태양으로부터 복사 에너지를 받아 그중 일부를 흡수하지만, 한편으로는 지구도 복사 에너지를 방출한다. 지구가 방출하는 복사 에너지를 **지구 복사 에너지**라고 하는데, 지구 복사 에너지는 주로 적외선으로 이루어져 있다. 즉, 지구는 태양으로부터 주로 가시광선과 적외선 형태로 에너지를 받으며, 방출할 때에는 적외선 형태로 에너지를 내보낸다. 이때 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양과 지구가 방출하는 지구 복사 에너지의 양은 같다.

이와 같이 어떤 물체가 흡수하는 복사 에너지와 방출하는 복사 에너지가 같아서 일정한 온도를 유지하는 것을 **복사 평형**이라고 한다. 지구는 복사 평형 상태에 있기 때문에 일정한 온도를 유지하는 것이다. 이때 대기는 지구가 방출하는 복사 에너지의 일부를 흡수하였다가 재방출하여 지구를 보온하는 역할을 한다.

**숨은열** 물이 증발할 때에는 주위의 열을 흡수하고, 수증기가 응결할 때에는 열을 방출한다. 물의 상태가 변할 때 흡수하거나 방출하는 열을 숨은열이라고 한다.

❸ **그림 Ⅱ-8 지구의 복사 평형**_ 지구에 들어오는 태양 복사 에너지를 100이라고 할 때, 지구 전체로 보면 흡수하는 태양 복사 에너지의 양과 방출하는 지구 복사 에너지의 양이 각각 70으로 평형을 이룬다.




1. 기권의 구조와 특징 **127**



## 탐구의 확장

### | 과정 |

1 전등과의 거리가 10 cm 더 멀어졌기 때문에 전등의 열이 알루미늄 컵을 데우는 데 시간이 더 걸릴 것이다. 그러므로 알루미늄 컵 속의 온도 상승은 더 느리게 일어나고, 복사 평형에 도달하는 온도는 더 낮아질 것이다.

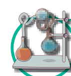
2 전등과의 거리를 30 cm로 하면 전등과 알루미늄 컵 사이의 거리가 더 멀어지기 때문에 온도의 상승이 더 느리게 일어나고, 복사 평형에 도달하였을 때의 온도가 더 낮아진다.

### | 관련 지식 |

**❀ 지구의 에너지 수지**

(1) **태양 복사** 지구로 입사되는 태양 복사 에너지의 양을 100 %라고 할 때, 그중 50 %는 지표면에 흡수되고, 20 %는 대기에 흡수된다. 따라서 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양은 모두 70 %이고, 나머지 30 %는 지구에 흡수되지 않고 반사된다.

(2) **지구 복사** 지표면과 대기에서 지구 밖으로 방출하는 지구 복사 에너지의 양은 70 %로서, 지구에서 흡수한 양과 같다.



## 학습 자료실

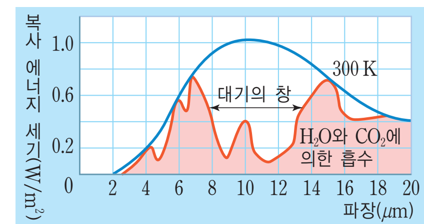
**❀ 반사율**

특정 물체의 표면이 태양으로부터 받은 에너지 중 반사하는 정도를 나타내는 단위로서, 알베도라고도 한다. 지구의 연평균 반사율은 지표면 4 %, 대기 26 %로서, 합하여 약 30 %이다. 반사율은 입사각의 영향을 받으며, 일반적으로 수직으로 입사하는 경우를 가정한다. 하얀색 물체의 반사율은 100 %이며, 흑체의 반사율은 0 %이다. 또한 반사율은 장소에 따라 큰 차이가 난다.

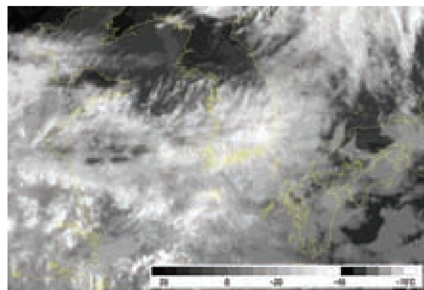
| 장소 | 반사율(%) |
|---|---|
| 잔디밭 | 1~3 |
| 테니스 코트 | 4~5 |
| 콘크리트 | 5~10 |
| 모래사장 | 15~20 |
| 자동차 본체 | 20~50 |
| 건물 유리 | 50~80 |
| 스키장, 실외 수영장 | 80~100 |

**❀ 대기의 창**

지구 복사 에너지가 대기권 밖으로 빠져나가는 파장 8~12 $\mu$m 영역으로서, 인공위성에서 지구 사진을 찍을 때 이 파장 영역을 사용한다.




❸ 대기의 창



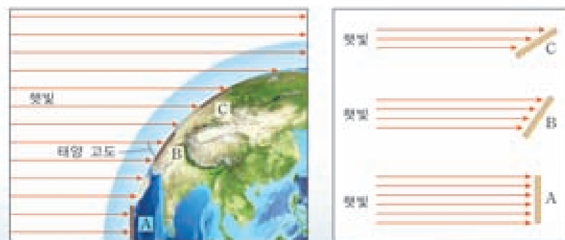
❹ 천리안 위성이 대기의 창 영역으로 찍은 우리나라 주변 사진



❸ 그림 Ⅲ-9 손전등 실험_ 책상 면과 손전등이 이루는 각이 작을수록 빛은 넓게 퍼진다.

그림 Ⅲ-9와 같이 손전등의 앞부분에 원통 모양의 검은색 종이를 끼우고 책상 면 위에 여러 각도로 빛을 비추어 보면 손전등에서 나오는 빛의 양은 일정하므로, 책상 면과 손전등이 이루는 각이 작을수록 빛은 넓게 퍼진다. 따라서 책상 면과 손전등이 수직을 이룰 때, 같은 넓이의 책상 면이 받는 빛의 양이 가장 많다.

마찬가지로 지구는 둥글기 때문에 같은 넓이의 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지는 위도에 따라 다르게 나타나는데, 저위도 지방에서 많고 고위도 지방에서 적다. 이것은 저위도 지방의 지표면은 거의 수직으로 햇빛을 받는 반면에, 고위도 지방의 지표면은 햇빛을 비스듬히 받기 때문이다.



❹ 그림 Ⅲ-10 위도에 따른 태양 고도와 에너지 차이

잠깐 체크 고위도 지방보다 저위도 지방의 지표면이 태양 복사 에너지를 많이 받는 이유는 무엇인가?

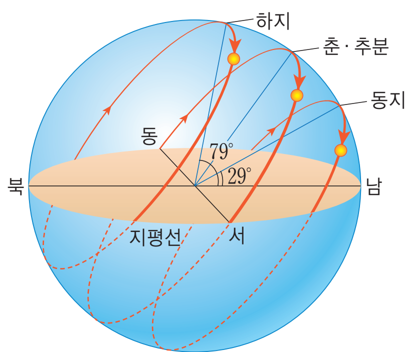






## ❀ 여름철과 겨울철의 태양 복사 에너지 입사량 차이

태양과 지구 사이의 거리는 여름철일 때보다 겨울철일 때 더 가깝다. 우리나라의 경우, 여름철에는 한낮에 햇빛이 지면과 이루는 각이 최대 79° 정도이며, 겨울철에는 29° 정도이다. 따라서 태양과 지구 사이의 거리는 겨울철에 더 가깝지만, 겨울철에는 지면에서 받는 태양 복사 에너지의 양이 여름철보다 훨씬 적다.



❷ 계절에 따른 태양의 남중 고도 변화

## ❀ 남향집

예로부터 우리 조상들은 집을 지을 때 대문과 대청마루가 남쪽을 향하는 남향집을 짓고자 했으며, 남향집에 살려면 삼대가 적선을 해야 한다고 할 정도로 남향집을 귀하게 여겼다. 남향집은 태양의 고도가 높은 여름철에는 햇빛이 집 안으로 들어오지 않고, 태양의 고도가 낮은 겨울철에는 햇빛이 집 안으로 깊숙이 들어와 겨울철에도 따뜻한 햇살을 느낄 수 있다. 또한 여름철에는 우리나라의 남쪽으로부터 바람이 불어오므로 남쪽이 터져 있으면 바람이 잘 들어와서 시원하고, 겨울철에는 북쪽으로부터 불어오는 찬바람을 벽이 막아 주어 덜 춥다.

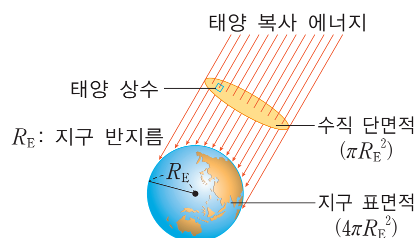
**잠깐 체크**

태양의 고도가 높기 때문이다._ 태양의 고도가 높을수록 지면이 받는 태양 복사 에너지의 양이 많아진다.



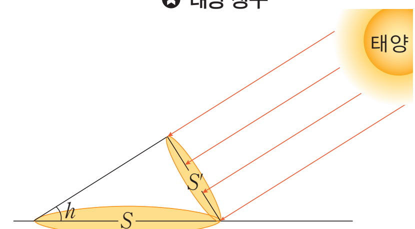
## ❀ 지구의 에너지 평형

(1) **태양 상수** 지구 대기의 바깥 표면에서 단위 면적당 받는 태양 복사 에너지의 양이다. 즉, 지구의 대기권 밖에서 태양 광선에 수직인 면 1 $cm^2$가 1분 동안 받는 태양 에너지의 양으로서, 약 2 $cal/cm^2 \cdot min$이다.



❷ 태양 상수

(2) **고도에 따른 태양 복사 에너지의 입사량** 단면적이 $S$인 지면에서 태양의 고도가 $h$인 경우 실제로 받는 빛의 양 $S'$은 $S' = S \times \sin h$로서, 태양의 고도가 높아질수록 지면에서 받는 태양 복사 에너지의 양은 많아진다. 따라서 손전등의 빛이 책상 면과 이루는 각이 30°일 때는 90°일 때 받는 빛의 양의 절반밖에 되지 않는다.



❸ 고도에 따른 태양 복사 에너지의 입사량



위도에 따라 흡수되는 태양 복사 에너지와 방출되는 지구 복사 에너지는 아래 그림과 같다. 저위도 지방은 흡수되는 태양 복사 에너지가 방출되는 지구 복사 에너지의 양보다 많아서 에너지 과잉 상태가 되고, 고위도 지방은 흡수되는 태양 복사 에너지보다 방출되는 태양 복사 에너지의 양이 더 많아 에너지 부족 상태가 된다. 그럼에도 불구하고 저위도 지방의 기온은 계속 높아지지 않고, 고위도 지방의 기온은 계속 낮아지지 않는다. 그 이유는 대기와 해수가 순환하면서 에너지가 부족한 고위도 지방으로 저위도 지방의 과잉 에너지를 이동시켜 주기 때문이다.

스스로 해결하기
저위도 지방의 과잉 에너지를 에너지가 부족한 고위도 지방으로 이동시켜 지구 전체적으로 복사 평형을 이루게 하는 것은 (    )와/과 (    )의 순환이다.

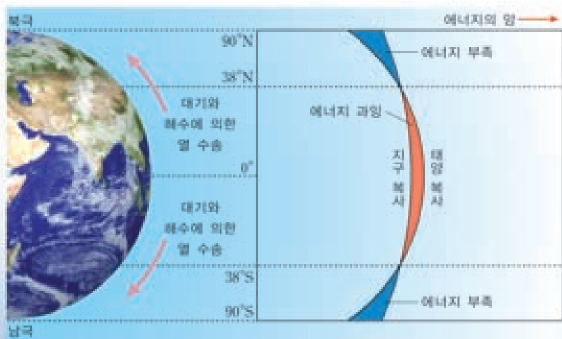



그림 Ⅲ-11 위도에 따른 태양 복사와 지구 복사

자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 문제 응용하기 | 지구 환경과 연관 찾기 |
|---|---|---|
| 태양 복사 에너지 중 지구에서 흡수되지 않고 반사되는 비율(%)은 얼마인가? | 겨울철보다 여름철의 기온이 높은 이유는 무엇인가? | 화산 활동이 일어나면 지구의 기온은 어떻게 될지 설명해 보자. |

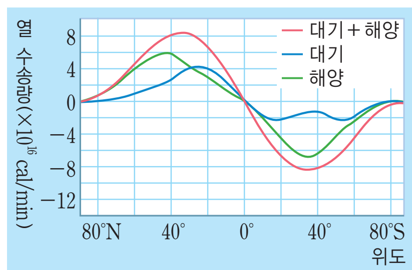
1. 기권의 구조와 특징 129

스스로 해결하기
저위도 지방의 과잉 에너지를 에너지가 부족한 고위도 지방으로 이동시켜 지구 전체적으로 복사 평형을 이루게 하는 것은 ( 대기 )와/과 ( 해수 )의 순환이다.

**(3) 지구가 흡수 또는 방출하는 에너지의 양 차이** 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양은 저위도에서 고위도로 갈수록 적어진다. 이것은 태양의 고도가 고위도로 갈수록 낮아지기 때문이다. 그런데 지구가 방출하는 지구 복사 에너지의 양도 저위도에서 고위도로 갈수록 적어진다. 이것은 지표면의 온도가 저위도 지방에서 높고 고위도 지방에서 낮기 때문이다.

① 저위도 지방(적도~위도 약 38°): 흡수량 > 방출량
② 중위도 지방(위도 약 38°): 흡수량 ≒ 방출량
③ 고위도 지방(위도 약 38°~90°): 흡수량 < 방출량

**(4) 대기와 해수에 의한 에너지 순환** 중위도 지역에서 에너지 수송량이 가장 많고, 대기와 해수의 순환이 가장 활발하게 나타남을 알 수 있다. 이러한 에너지 불균형은 대기와 해수의 끊임없는 순환으로 저위도의 남는 에너지를 고위도로 이동시킴으로써 위도에 따른 에너지 불균형을 해소한다.




❷ 대기와 해수에 의한 에너지 순환

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

지구의 지표면에서 약 4 %, 대기에서 약 26 %로서, 약 30 %가 반사된다.

▶ 문제 응용하기

여름철에는 지표면과 햇빛이 이루는 각도가 크고, 햇빛을 받는 시간이 길어 지표면에서 받는 태양 복사 에너지의 양이 겨울철보다 여름철에 더 많기 때문이다.

여름철에는 태양이 높게 뜨기 때문에 지표면과 햇빛이 이루는 각도가 크다. 따라서 같은 넓이라도 각도가 작을 때보다 더 많은 양의 에너지를 받을 수 있다. 또한 여름철에는 낮의 길이가 길어지므로 지표면이 햇빛을 받는 시간이 길어진다.

▶ 지구 환경과 연관 짓기

화산재가 햇빛을 가려 지구의 기온이 낮아진다.

화산 활동이 일어나면 용암 이외에도 많은 양의 화산재나 화산진이 분출되는데, 입자의 크기가 작은 화산재는 오랫동안 대기 중에 떠 있게 된다. 이러한 화산재는 태양 복사 에너지를 차단하기 때문에 대기 중에서 태양 복사 에너지에 대한 반사율이 높아지게 된다. 그 결과 지구의 기온은 낮아진다.

1991년 6월 필리핀의 피나투보 화산 폭발이 그 예이다. 피나투보 화산이 폭발할 때 주변의 열기와 함께 화산재 먼지가 100 m까지 쌓여 400여 명의 사망자가 생겼고, 2천만 t의 화산재가 성층권까지 이동해 1992년 6월까지 약 2년간 화산재가 햇빛을 가려 지구의 평균 기온이 0.5°C 내려갔다. 이러한 이상 기온이 발생하면 홍수, 폭설 등의 재해도 발생한다.

# 1-3 탄소의 순환과 지구 온난화

## | 학습 내용 안내 |

(1) 탄소의 순환 과정을 이해한다.
(2) 탄소 순환을 지구 온난화와 관련지어 이해하고, 지구 온난화가 우리 생활에 미치는 영향을 인간의 생활 환경 변화, 경제적인 비용 문제, 지구의 환경 보전 문제와 관련하여 다양한 각도에서 이해한다.
(3) 온실 효과와 지구 온난화의 차이점을 알고, 지구 온난화가 전 지구적인 문제임을 안다.

## | 학습 전개 |

지구계의 각 권에서 탄소는 다양한 형태로 존재하며, 지구계의 각 권을 순환함을 알도록 한다.

↓

지구의 대기는 온실 효과를 일으켜 지구를 보온하는 역할을 함을 알고, 지구의 기온이 일정하게 유지될 수 있는 이유는 지구가 흡수하는 에너지의 양과 방출하는 에너지의 양이 같기 때문임을 설명하게 한다.

↓

지구의 기온 변화 그래프를 보여주고, 지구의 기온이 높아지는 이유가 인간에 의한 온실기체 방출량 증가와 관련이 있음을 설명하도록 한다.

↓

지구 온난화가 우리 생활에 미치는 영향에 대해 알고, 지구 환경을 잘 보존하기 위한 방법을 알아보도록 한다.

**찾아보기**

- 지구 온난화(2009), 뉴턴프레스 저, 강금희 역, ㈜뉴턴코리아
- 지구 온난화의 비밀(2007), 조지 필랜더 저, 김신 외 2역, 민사고

Ⅱ. 기권과 우리 생활

# 1-3 탄소의 순환과 지구 온난화

산업 혁명 이후 문명의 발달은 인류에게 많은 편리함을 제공했지만, 다른 한편으로는 온실기체의 배출이 증가함으로써 지구의 기온을 높이는 결과를 가져오기도 했다. 그리고 지구의 기온 상승에 따른 환경 재앙은 더 이상 방치할 수 없는 상태에 이르렀다. 그러면 온실기체가 증가한 이유는 무엇일까?

**학습 목표**
- 탄소의 순환 과정을 말할 수 있다.
- 탄소 순환을 지구 온난화와 관련지어 설명할 수 있다.

석탄이나 석유 등의 화석 연료는 오늘날의 문명 발달에 큰 기여를 하였다. 그뿐만 아니라 현재에도 화석 연료는 많은 나라에서 주요한 에너지원으로 이용되고 있다. 화석 연료는 과거 지구에 살던 생물체가 죽은 후 땅속에 묻혀서 만들어진 것이다. 생물의 몸속에 있던 탄소가 그대로 화석 연료에 남아 있으므로 화석 연료의 사용이 증가하면서 이산화 탄소와 같은 온실기체의 양이 증가하게 되었다.

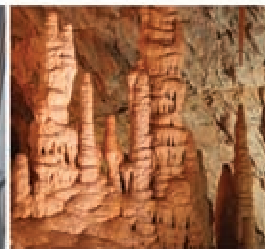
**탄소의 순환**

탄소는 생물체의 몸을 구성하는 주요한 원소이며, 지구계의 각 권에 다양한 형태로 존재한다. 탄소는 생물권에서는 유기 양분의 형태로 생물체의 몸속에 들어 있으며, 기권에서는 이산화 탄소로 존재한다. 또 수권에서는 물에 녹아 탄산 이온으로 존재하며, 지권에서는 석회암이나 석탄, 석유 등으로 존재한다.

그림 Ⅱ-12 탄소의 여러 형태


대기 중의 이산화 탄소


석탄


석회암

130 Ⅱ. 기권과 우리 생활

## 과학 돋보기

### ❀ 탄소의 공급원과 제거원

(1) **탄소의 공급원** 탄소는 기권에서는 주로 이산화 탄소 형태로 존재한다. 이산화 탄소는 탈탄소화 과정에 이은 화산 분출, 유기 탄소의 융기, 화석 연료의 연소, 탄소가 포함된 지층의 침식 그리고 생명체의 호흡 등에 의해 기권으로 공급된다. 이 중에서 지질 시대 동안 가장 중요한 역할을 한 것은 화산 활동을 통한 이산화 탄소의 배출이다.

① **화산 분출**: 화산 분출은 탄소를 포함하는 암석으로부터 탄소를 제거하여 이산화 탄소 형태로 기권에 공급한다.

석회암은 섭입대에서 지구 내부로 침강한 뒤 깊은 곳에서 높은 압력과 열에 의해 규산염 광물과 반응을 일으킴으로써 이산화 탄소를 배출한다.

② **유기 탄소의 융기**: 지각이 조산 운동을 함으로써 과거 지질 시대 동안 지하 깊은 곳에 매장되어 있던 생물체의 화석이 지표로 융기된다. 융기된 생물체의 화석은 기권의 산소와 반응하고, 산화되면 이산화 탄소를 기권으로 방출한다.

탄소는 지구계에서 한 곳에 머물러 있지 않고 지구계의 각 권 사이를 이동한다.

지권에 들어 있던 탄소는 주로 화석 연료의 연소나 화산 활동을 통하여 이산화 탄소 형태로 기권으로 이동한다. 또 기권에 있던 이산화 탄소는 물에 녹아 수권으로 이동하거나 식물의 광합성에 의해 생물권으로 이동한다.

수권의 물에 녹아 있던 탄소는 해양 생물에 흡수되어 생물권으로 이동하거나 침전으로 퇴적되어 지권으로 이동하며, 일부는 다시 이산화 탄소 형태로 방출되어 기권으로 돌아간다.

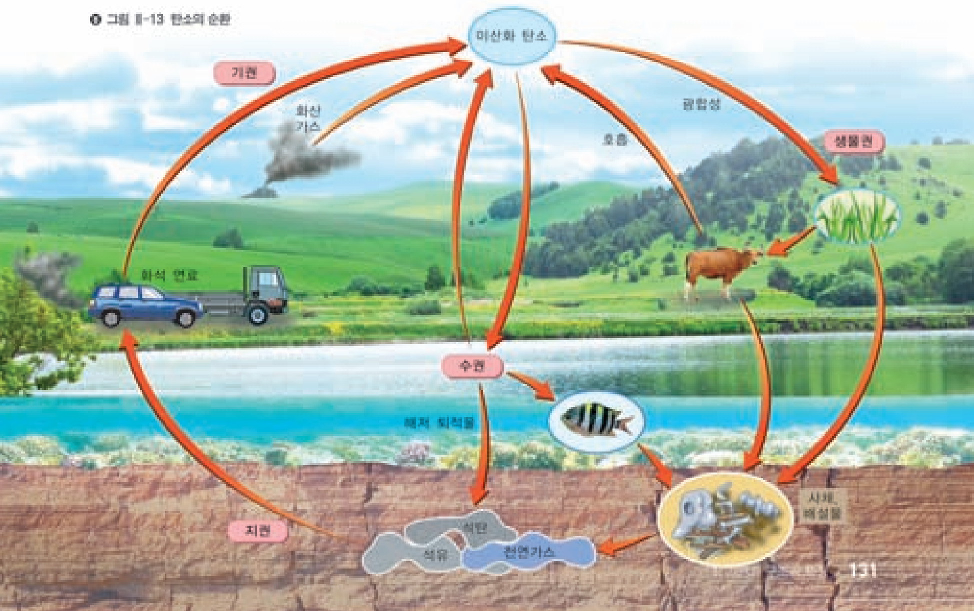
식물의 광합성에 의해 유기 양분으로 저장된 탄소는 식물의 몸체를 이루거나 먹이 사슬을 따라 동물의 몸속으로 이동한다. 이 과정에서 일부는 호흡에 의해 다시 이산화 탄소로 변환되어 기권으로 배출되기도 한다. 생물체의 몸속에 있던 탄소는 땅속에 묻혀 화석 연료인 석탄, 석유, 천연가스와 같은 형태로 지권에 저장되거나 분해되어 대기 중으로 되돌아간다.

이와 같이 탄소가 지구계의 각 권을 따라 이동하는 현상을 **탄소의 순환**이라고 한다.

스스로 해결하기

탄소는 기권에서는 (　　　)(으)로 존재하며, 수권에서는 물에 녹아 (　　　)(으)로 존재한다.

❸ 그림 Ⅱ-13 탄소의 순환




스스로 해결하기

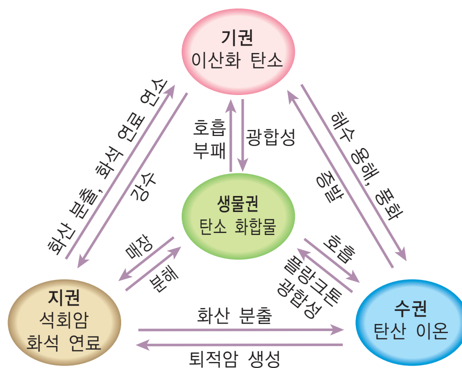
탄소는 기권에서는 ( 이산화 탄소 )(으)로 존재하며, 수권에서는 물에 녹아 ( 탄산 )(으)로 존재한다.

(2) **탄소의 제거원**　탄소는 규산염 광물이 화학적으로 풍화될 때, 수권에 용해될 때, 생물의 광합성 등으로 기권에서 제거된다.

이산화 탄소는 기권과 수권의 접촉부에서 수권으로 직접 용해되기도 하지만, 빗방울에 용해된 다음 강수 형태로 지권에 직접 공급되기도 한다. 대기 중의 이산화 탄소는 물에 녹아 탄산 이온이 되며, 바다에서 칼슘 이온과 반응하여 앙금을 만들고 침전하여 해저에서 석회암에 고정된다.

생물권은 광합성을 통해 탄소를 생물체 내에 축적시키는데, 생물체 내에 축적된 탄소는 생물이 죽을 때 지권으로 돌아간다.

탄산염은 지권의 구성 요소이므로, 탄소를 저장하는 가장 주요한 저장소는 지권이다. 대기 중 이산화 탄소의 감소에 큰 영향을 미치는 요인은 암석의 화학적 풍화이다.

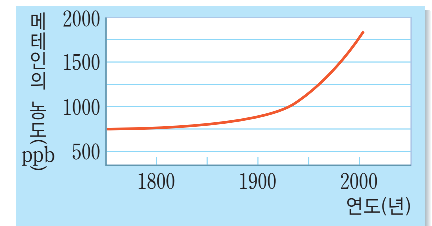



❸ 탄소의 순환




## ❀ 메테인 가스

대부분의 온실기체 연구는 이산화 탄소에 중점을 두고 있다. 그러나 메테인 가스는 대기 중에서 이산화 탄소보다 20배나 더 강력한 온실기체이다. 대기 중의 메테인 가스의 양은 습지 · 늪지에서의 유기물 분해, 인류의 산업 활동, 가축의 트림 증가 등으로 인해 지난 200년 동안 두 배 이상 높아졌다.




❸ 메테인 가스 농도의 변화

## ❀ 가스 수화물

해초나 플랑크톤의 퇴적층이 썩을 때 발생하는 메테인 가스는 심해저의 저온 고압 상태에서 물과 결합하여 형성된 대체 에너지원이다. 불을 붙이면 활활 타올라 일명 '불타는 얼음'으로 불린다. 1 $m^3$의 가스 수화물을 분해하면 172 $m^3$의 메테인 가스를 얻을 수 있을 만큼 에너지 효율이 높다. 또한 연소 시에 휘발유나 천연가스보다 이산화 탄소를 절반 이하로 배출하며, 매장량도 풍부해 차세대 에너지로 개발될 가능성이 아주 높다. 전 세계 매장량은 약 10조 t 정도로서, 우리나라를 포함해 세계 5개국에서 매장이 확인되었다.



❸ 가스 수화물




### ❀ 온실기체

온실기체로 알려진 이산화 탄소, 수증기, 메테인 등과 같은 기체는 파장이 짧은 빛은 통과시키고, 파장이 긴 적외선은 흡수하는 성질을 가지고 있다. 즉, 온실기체는 파장이 짧은 태양 빛은 통과시키고, 지표가 방출하는 긴 파장의 빛은 흡수한다. 결국 온실기체는 지구로부터 우주 밖으로 배출되는 에너지의 양을 줄임으로써 지구의 평균 온도를 15℃ 정도로 유지해 준다. 만약 이러한 온실 효과가 없었다면 지구의 온도는 −18℃ 정도로 떨어지고 온도 변화율도 컸을 것이다.

### ❀ 왜 질소와 산소는 온실 효과를 보이지 않을까?

지구 대기의 99 % 이상을 차지하는 질소와 산소는 온실기체로 분류되지 않는다. 왜냐하면 온실 효과를 보이는 기체는 적외선을 흡수하는 성질이 있는데, 질소, 산소, 아르곤 기체는 적외선을 흡수하지 않아 온실 효과를 보이지 않기 때문이다.

### ❀ 지구 온난화 지수

서로 다른 기체들의 상대적인 복사 흡수 능력을 공통적인 방법으로 측정하여 방출 수준을 해석하기 위한 지수로서, 이산화 탄소를 기준으로 하여 온실기체가 지구 온난화에 기여하는 정도를 나타낸 것이다. 일정 기간 동안 1 kg의 온실기체가 일으키는 적외선 흡수 능력과 이산화 탄소 1 kg의 영향에 대한 비율로 측정한다.

❸ 온실기체별 지구 온난화 지수

| 온실기체 | 지구 온난화 지수 |
| --- | --- |
| 이산화 탄소 | 1 |
| 메테인 | 21 |
| 아산화 질소 | 310 |
| 수소불화 탄소 | 150～11,700 |
| 과불화 탄소 | 6,500～9,200 |
| 6불화 황 | 23,900 |

자료: IPCC 제2차 평가 보고서(1995)

**지구 온난화**

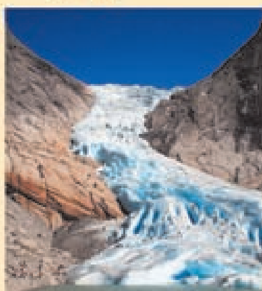
기권에서 이산화 탄소는 수증기와 함께 지구의 기온을 유지하는 데 중요한 역할을 하고 있다. 수증기와 이산화 탄소는 태양으로부터 오는 가시광선은 흡수하지 않지만, 지표면으로부터 방출되는 적외선은 잘 흡수하는 성질이 있다. 따라서 이들은 지표면으로 들어오는 태양 복사 에너지는 통과시키고 지표면에서 방출되는 복사 에너지는 흡수하여 지구의 온도를 높여 주는 역할을 하는데, 이를 **온실 효과**라고 한다.

지구는 기권에서 일어나는 온실 효과의 영향으로 따뜻한 온도를 유지할 수 있으며, 생명체들이 살아가기에 적당한 온도를 유지할 수 있다. 만약 대기에 의한 온실 효과가 없다면 지구는 지금보다 훨씬 더 추운 행성이 될 것이다. 또 겨울철이나 햇빛이 비치지 않는 밤의 기온은 현재보다 훨씬 낮아질 것이다.




❶ 그림 Ⅱ-14 온실 효과가 없는 달에서의 복사 평형과 온실 효과가 있는 지구에서의 복사 평형

**과학 자료실** 지구의 평균 온도 1℃ 상승의 재앙



2007년 2월에 프랑스 파리에서 유엔의 정부간 기후변화 협의체(IPCC) 보고서가 발표된 이후 지구 온난화에 대한 우려가 전 세계로 퍼지고 있다. 이 보고서를 살펴보면 온난화 현상에 의한 지구 평균 온도의 변화폭은 5~6℃ 정도이다. 이 정도의 온도 상승은 그리 큰 변화가 아닌 것처럼 보이지만 지구의 평균 온도 1℃ 상승은 지구 전체에 큰 영향을 미친다.

지구의 평균 온도가 현재보다 1℃ 상승하면 안데스 산맥에 있는 작은 빙하들이 녹아 그 일대의 약 5천만 명이 물 부족 현상을 겪고, 북극의 얼음이 완전히 녹아 없어질 것이다. 그리고 고위도 지방의 영구 동토층이 녹아 러시아와 캐나다의 건물과 도로가 심하게 손상되며, 매년 약 30만 명이 기후와 관련된 질병으로 사망하게 될 것이다. 또한 대부분의 산호가 죽고, 전 세계 생물의 약 10 %가 멸종 위기를 맞게 될 것이다.

132 Ⅱ. 기권과 우리 생활



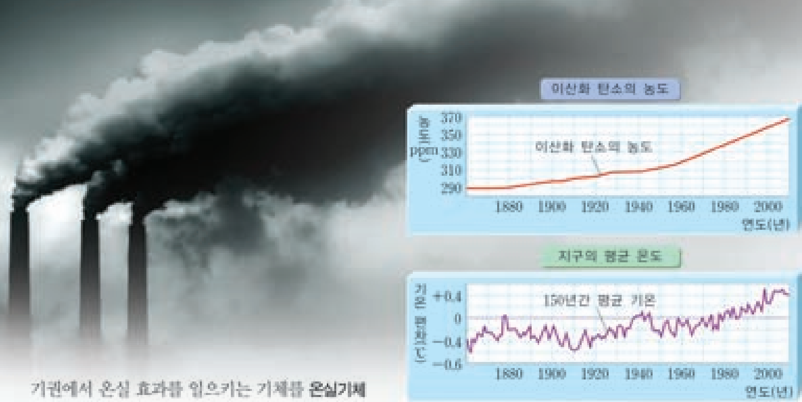

### ❀ 지구 온난화로 고통받는 사람들



❸ 바다에 잠겨 가고 있는 투발루

지구 온난화에 따른 기후 변화는 인류의 생존에 큰 영향을 미친다. 기상 이변은 인류에게 직접적인 피해를 주기도 하고, 생물 다양성의 감소, 건강 악화, 식량의 생산량 감소 등의 간접적인 피해도 초래한다. 이러한 주변 환경의 변화는 인류의 생존을 위협하게 된다.

2010년에 발표된 한 보고서에 따르면 지구 기온이 7℃ 상승할 경우 지구의 대부분은 생리적인 측면에서 인간의 생존이 불가능한 곳으로 변하게 될 것이라고 한다. 그리고 수온 상승에 따른 바닷물의 팽창으로 해수면이 상승하면 많은 국가들의 생존 기반이 위협받게 될 것이다. 실제로 태평양의 몇몇 작은 섬나라들은 심각한 국토 상실 위기에 놓여 있다. 그중 투발루나 키리바시 등과 같은 나라는 점차 높아지는 해수면 때문에 국토의 대부분이 물에 잠겨가고 있어 이미 국토 포기를 선언하였다.

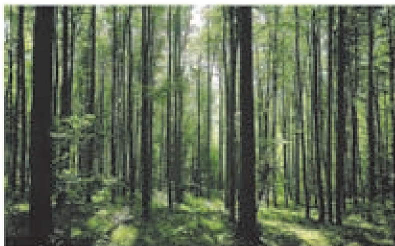



기권에서 온실 효과를 일으키는 기체를 **온실기체**라고 하는데, 온실기체에는 이산화 탄소, 메테인, 아산화 질소, 수증기 등이 있다. 최근에는 이산화 탄소나 메테인과 같은 온실기체의 양이 급격히 증가하고 있다. 온실기체가 증가하면 평상시보다 더 강한 온실 효과가 나타나 지구의 온도가 상승한다. 이와 같이 온실기체의 증가로 지구의 평균 온도가 상승하는 현상을 **지구 온난화**라고 한다.

지구 온난화에 따른 기온 상승은 과거에 비해 최근 들어 더욱 심해지고 있다. 지구의 기온은 지난 100년(1906~2005년) 동안 약 0.74℃ 상승하였다. 지구 온난화는 특히 대기 중의 이산화 탄소의 농도 증가와 관련이 깊은 것으로 알려져 있다. 2008년 기권의 평균 이산화 탄소의 농도는 385.2 ppm으로, 산업 혁명 이전인 1750년에 비해 약 38 %나 증가하였다. 이와 같이 이산화 탄소의 농도가 증가한 주요 원인은 화석 연료의 사용으로 이산화 탄소의 배출량이 지속적으로 늘어났기 때문이며, 다른 한편으로는 무분별한 숲의 파괴와 개발로 산림의 면적이 줄어들었기 때문이다.

❹ 그림 Ⅱ-15 최근 100년간 대기 중의 이산화 탄소 농도와 지구의 기온 변화

ppm
100만분의 1을 나타내는 단위


❹ 그림 Ⅱ-16 울창한 숲

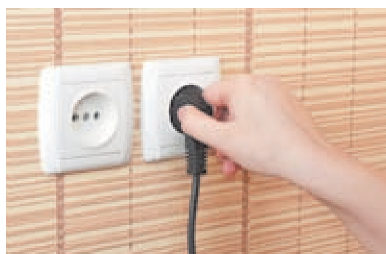

❹ 그림 Ⅱ-17 사막화로 훼손된 숲

1. 기권의 구조와 특징 133

### ❀ 생활 속에서 온실기체를 줄이기 위한 노력

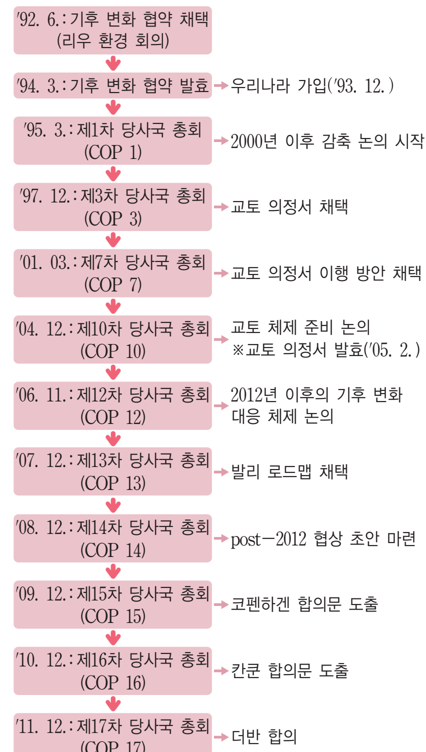
온실기체의 농도를 낮추고 기후 변화를 막으려면 생활 속에서 다음과 같은 습관들이 필요하다. 첫째, 자가용 대신 대중교통을 이용하거나 걸어 다니기, 둘째, 컴퓨터와 텔레비전 사용량을 줄이고 사용하지 않을 때는 플러그 뽑기, 셋째, 수입된 농수산물 대신 우리 땅과 우리 물에서 나고 자란 농수산물 구매하기, 넷째, 분리수거하기 등이다. 이러한 습관들은 생활 속에서 온실기체의 배출량을 감소시켜 준다.

이와 함께 사회적으로는 화석 연료 의존도를 낮추고 태양열·태양광 발전, 바이오매스 에너지, 풍력 에너지, 소수력 에너지, 지열 에너지, 해양 에너지, 폐기물 에너지 등 재생 가능한 에너지의 비중을 확대해야 한다.


❹ 사용하지 않는 플러그 뽑기


❹ 분리수거

### ❀ 기후 변화를 방지하기 위한 국제 사회의 노력_ 유엔 기후 변화 협약



❹ 유엔 기후 변화 협약

(1) **교토 의정서** 기후 변화 협약에 의한 온실기체 감축안은 구속력이 없다. 따라서 온실기체의 실질적인 감축을 위하여 과거 산업 혁명을 통해 온실기체 배출의 역사적 책임이 있는 선진국(38개국)을 대상으로 제1차 공약 기간(2008~2012) 동안 1990년도 배출량 대비 평균 5.2 % 감축할 것을 규정하였다. 제3차 당사국 총회(1997, 일본 교토)에서 채택되었으나 2005년 2월에 공식 발효되었다.

(2) **코펜하겐 기후 변화 회의** 2009년 12월 덴마크 코펜하겐에서 열린 제15차 기후 변화 당사국 총회에서 '지구 기온 상승을 2℃ 이내로 제한하고, 선진국은 오는 2020년 온실기체 감축 목표를 제시한다.'는 내용을 골자로 한 코펜하겐 협정이 미국 주도로 마련되었지만, 승인 대신 유예하는 것으로 결론이 내려졌다.

(3) **더반 합의** 교토 의정서를 5년간 연장하기로 하였다.

## 탐구 활동 조사/예측

### | 목표 |

지구 온난화가 우리 생활에 어떤 현상을 미치는지 설명할 수 있다.

### | 원리 설명 |

우리나라에서 지구 온난화의 영향이 어떻게 나타나고 있는지를 이해한다.

### | 유의점 |

1 막연한 추측보다는 과학적 근거가 있는 현상들을 다루도록 한다.
2 온실 효과와 지구 온난화의 개념이 혼동되지 않도록 한다.
3 지구 온난화에 따른 전 세계의 환경 변화를 이해한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 인터넷을 통해 사전에 자료를 조사해 오도록 한다.
2 자신의 의견을 창의적으로 글로 써 보고 자유롭게 발표하도록 한다.

---

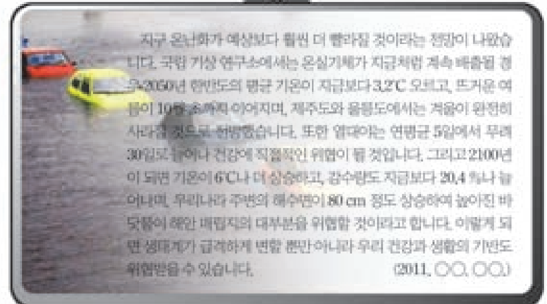
**탐구 활동** 지구 온난화가 우리 생활에 미치는 영향 조사 / 예측

**목표**
지구 온난화가 우리 생활에 어떤 영향을 미치는지 설명할 수 있다.

**준비물**
지구 온난화와 관련된 기사, 컴퓨터 등의 인터넷 검색 기기

**과정**

❶ 다음 글은 지구 온난화와 관련된 텔레비전 뉴스의 내용이다. 글을 읽고 지구 온난화가 우리 생활에 어떤 영향을 미치는지 생각해 보자.


지구 온난화가 예상보다 훨씬 더 빨라질 것이라는 전망이 나왔습니다. 국립 기상 연구소에서는 온실기체가 지금처럼 계속 배출될 경우 2050년 한반도의 평균 기온이 지금보다 3.2°C 오르고, 뜨거운 여름이 10월 초까지 이어지며, 제주도와 울릉도에서는 겨울이 완전히 사라질 것으로 전망했습니다. 또한 열대야는 연평균 5일에서 무려 30일로 늘어나 건강에 직접적인 위협이 될 것입니다. 그리고 2100년이 되면 기온이 6°C나 더 상승하고, 강수량도 지금보다 20.4 %나 늘어나며, 우리나라 주변의 해수면이 80 cm 정도 상승하여 높아진 바닷물이 해안 매립지의 대부분을 위협할 것이라고 합니다. 이렇게 되면 생태계가 급격하게 변할 뿐만 아니라 우리 건강과 생활의 기반도 위협받을 수 있습니다. (2011. ○○. ○○.)

❷ 지구 온난화로 멸종 위기에 처한 동물에는 어떤 것들이 있는지 조사해 보자.
❸ 지금까지 나타났던 극한 기상 현상에는 어떤 것들이 있는지 인터넷을 이용하여 조사해 보자.
❹ 지구 온난화로 사라져 가는 나라들을 조사해 보자.

**결과**

1 우리나라의 기후는 어떻게 변하고 있는가?

2 지구 온난화의 영향에 대하여 조사한 것을 다음 표에 정리해 보자.

| 지구 온난화로 멸종 위기에 처한 동물 | 지금까지 나타났던 극한 기상 현상 | 지구 온난화로 사라져 가는 나라 |
|---|---|---|
| | | |

**예측** 창의 · 인성

위의 뉴스와 같이 우리나라의 평균 기온이 상승하였을 때 2100년에 나타날 것으로 예상되는 일들을 생태계의 변화와 우리 생활의 변화로 나누어 정리해 보자.

134 Ⅱ. 기권과 우리 생활

---

### | 결과 |

1 우리나라는 1970년대에 비해 2000년대에는 평균 기온이 겨울철에는 1.3°C, 여름철에는 0.2°C 상승하였다. 1996년부터 2005년도까지 연평균 강수량은 1,485.7 mm로서, 1971년부터 2000년도 연평균 강수량보다 약 10 %, 호우 일수도 8일 증가하였다.

2 지구 온난화의 영향
- 지구 온난화로 멸종 위기에 처한 동물: 북극곰, 코알라, 개구리, 물장군, 펭귄, 해마 등
- 지금까지 나타났던 극한 기상 현상: 사막화, 극심한 가뭄, 홍수, 태풍 강화, 해수면 상승, 폭염 등
- 지구 온난화로 사라져 가는 나라: 투발루, 키리바시, 나우루, 몰디브 등의 섬나라

### | 예측 | 창의 · 인성

| 생태계의 변화 | 우리 생활의 변화 |
|---|---|
| 국립 환경 과학원은 2100년에는 한반도 기온이 약 4°C 상승하고, 연평균 강수량은 약 17 % 증가하며, 태풍과 강수의 빈도 및 강도도 증가할 것으로 전망하고 있다. 또한 난대성 상록 활엽수의 북방 한계선이 북쪽으로 확장되고, 고산 식물 및 극지 식물의 피해가 우려된다. | 국립 환경 과학원에서는 기온이 1°C 상승함에 따라 장염 발생은 약 6.84 %가 증가하고, 폭염, 기상 재해, 대기 오염과 함께 매개 전염병 등이 나타날 것이라고 밝혔다. |

### | 평가 기준표 |

| 평가 문항 | | 점수(✓) 상 | 중 | 하 |
|---|---|---|---|---|
| 태도 (인성) | 1. 사전 조사를 잘 하였는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 2. 다른 사람의 이야기를 잘 경청하였는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| 결과 (창의) | 1. 자신의 의견을 논리적으로 발표하였는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 2. 지구 온난화의 영향을 잘 설명하였는가? | ☐ | ☐ | ☐ |

지구의 기온이 상승하면 해수의 팽창과 빙하의 융해로 해수면이 상승하고, 저지대나 고도가 낮은 섬나라들은 물에 잠기게 된다. 생물권에서는 추운 곳에 사는 생물들이 멸종하는 등 생태계가 교란된다. 또한 사막화가 더욱 심해져 숲이 줄어들고 황사는 더욱 심해질 것이다. 최근에는 지구 온난화에 따른 가뭄이나 홍수 등의 기상 이변이 자주 나타나고 있다.

지구 온난화 현상은 어느 한 나라에만 국한되지 않고 전 세계에 영향을 미친다. 따라서 세계 여러 나라들은 지구가 더워지는 것을 막기 위하여 공동으로 노력하고 있다. 1997년에는 일본의 교토에서 160여 개 나라가 모여 온실기체 감축을 위한 협약을 체결하고 국가별 이산화 탄소 감축량을 지정하여 의무적으로 이행하도록 하였다.

**교토 의정서** 기후 변화 협약에 따라 작성된 지구 온난화에 관한 국제 협약서이다. 38개 선진국은 온실기체를 2008~2012년 동안 1990년 대비 평균 5.2 % 감축하는 것이 주요 내용이다.

인간은 기권을 비롯한 지구계의 각 권과 끊임없이 상호 작용을 하며 살아가고 있다. 따라서 인간이 풍요로운 생활을 지속적으로 유지하기 위해서는 지구 환경을 잘 보존해야 한다.




## 자·기·주·도·학·습

### ▶ 개념 확인하기

탄소는 지구계의 각 권에서 여러 가지 형태로 존재하는데, 기권에서는 이산화 탄소 형태로 존재한다.

### ▶ 지구 환경과 연관 짓기

기후 변화가 매우 빠른 속도로 진행되고 있어 여러 가지 환경 변화가 나타나고 있다.

1906년부터 2005년까지 지난 100년간 우리나라의 6대 도시는 평균 기온이 약 1.5℃ 상승하였으며, 최근 40년간 한반도 부근의 수온이 약 0.9℃ 상승하였다. 또한 최근 40년간 제주도 부근의 해수면이 약 22 cm 상승하였다.

지구 온난화 현상이 가속화됨에 따라 집중 호우 및 태풍이 빈번하게 발생하여 막대한 인명과 재산 피해가 나타났다. 1994년부터 2005년까지는 폭염으로 2,127명이 사망하였다.

### ▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기

양치질할 때 컵 사용하기, 10분 이상 자리를 비울 때 컴퓨터 끄기, 겨울철 실내 온도 1℃ 내리기, 에너지 효율 등급이 높은 가전제품 구입하기, 냉장고 문 여닫는 횟수 줄이기, 차 안의 불필요한 짐 줄이기, 가까운 거리는 자전거를 이용해 자동차 주행 거리 줄이기 등이 있다.

## 참고 자료 피부 온난화




지난 100년간 우리나라의 기온은 1.8℃ 상승했다. 이것은 '지구 온난화'가 제2의 현상인 '피부 온난화'로 발전될 가능성을 보여 주고 있다. 피부가 열에 반복적으로 노출되면, 피부의 탄력이 떨어지고 주름이 증가하는 등 피부 노화가 가속화된다는 사실이 확인되었다. 피부의 최적 온도는 30~31℃이다. 그러나 지구 온난화로 기온이 상승하고 피부의 온도가 37℃ 이상으로 올라가면 열에 의한 혈관의 수와 면적이 증가하며, 콜라젠 섬유와 탄력 섬유가 급격히 파괴되어 피부 노화가 가속화된다. 그뿐만 아니라 피부 온도가 올라가면 피부 혈관 확장과 함께 붉은기가 나타나는데, 이 때문에 전체적인 피부 톤이 노랗게 변할 수 있다고 한다. 이와 같이 지구 온난화는 인간에게 직접적인 영향도 미칠 것이다.




### ❀ 이산화 탄소 제거 기술

최근에는 이산화 탄소를 대기로 배출하기 전에 고농도로 포집한 후 압축 수송해 안전하게 저장하는 기술이 기후 변화 대응법으로 각광받고 있다.

현재까지 개발된 기술로는 수산화 칼슘 등과의 반응에 의한 제거, 공정이나 장치의 변경으로 인한 이산화 탄소 발생 억제, 흡착제에 의한 흡착 제거, 미생물이나 촉매 등에 의한 고정화 방식 등이 있다.

# 2-1 대기 중의 물

## | 학습 내용 안내 |

(1) 물이 증발하거나 대기 중의 수증기가 응결하는 원리를 알고, 포화 · 불포화 · 과포화 상태에 대해 안다.
(2) 상대 습도의 정의를 알고, 이를 포화 상태와 관련지어 이해한다.
(3) 구름의 생성 원리를 이해하고, 모양과 높이에 따른 구름의 종류를 안다.
(4) 비가 내리는 과정에는 빙정설과 병합설이 있음을 알고, 물의 순환에 대해 이해한다.

## | 학습 전개 |

대기 중의 수증기량을 나타내는 포화 수증기량, 이슬점, 상대 습도 등을 알게 한다.



건습구 습도계의 원리를 이해시키고, 습도를 측정할 수 있게 한다.



실험을 통하여 단열 팽창과 구름의 생성 과정을 이해하도록 지도한다.



구름을 모양과 높이에 따라 분류하고, 강수 과정을 이해하게 한다.



물의 순환 과정을 이해시키고, 물의 순환을 일으키는 에너지의 근원은 태양 복사 에너지임을 이해하도록 지도한다.

**찾아보기**

- 기상청 http://www.kma.go.kr
- 대기 과학 개론(1999), 한국 기상학회 저, 시그마프레스
- 대기 과학(2009), Frederick K. Lutgens 외 1저, 안중배 외 3역, 시그마프레스



# 2-1 대기 중의 물

**학습 목표**

- 대기 중의 수증기량과 이슬점, 포화 수증기량, 상대 습도의 관계를 설명할 수 있다.
- 단열 팽창과 응결 현상의 관계를 설명할 수 있다.
- 구름이 생성되는 과정과 구름에서 비가 내리는 과정을 설명할 수 있다.

어느 맑은 날 오후, 파란 하늘에 흰 구름이 떠 있다. 구름을 이루는 물질은 무엇이고, 어떻게 만들어졌을까?

대기 중에는 지구 상의 물 중에 아주 적은 양이 존재한다. 기권의 온도는 시간과 장소 및 높이에 따라 다르므로, 대기 중의 물은 기체, 액체, 고체 상태로 존재하며 끊임없이 그 상태가 변한다. 대기 중의 수증기는 기체 상태의 물로서, 눈에는 보이지 않지만, 액체나 고체 상태의 물은 구름을 이루어 빛을 차단하거나 반사하므로 눈으로 볼 수 있다.

### 대기 중의 수증기

빨랫줄에 널 젖은 빨래가 마르고 물걸레로 청소한 교실 바닥의 물기가 사라지는 것을 통해 물이 증발하여 대기 중으로 이동한다는 것을 알 수 있다. 그러면 공기는 얼마나 많은 양의 수증기를 포함할 수 있을까?

그림 Ⅱ-19 대기 중의 물_ 젖은 빨래가 마르는 것은 빨래의 물이 증발하여 대기 중으로 이동하였기 때문이다.



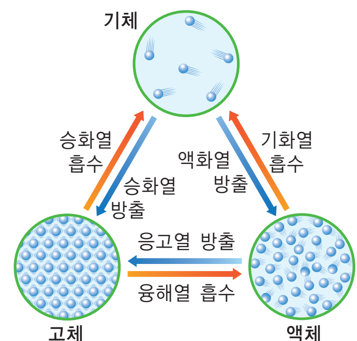



## 학습 자료실

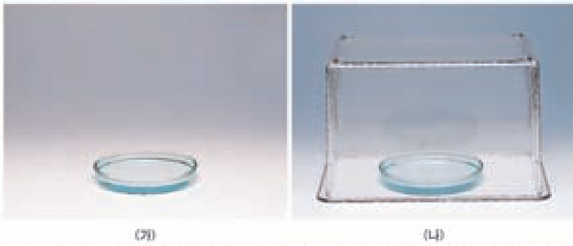
### 대기 중의 물

(1) **대기 중의 물**　수권의 물 중 극히 일부가 대기 중에 있으며, 대기 중에서 물은 고체 · 액체 · 기체 상태로 모두 존재하고, 상태가 끊임없이 변한다.

(2) **물의 상태 변화**　0℃에서 얼음 1몰을 완전히 용융시키려면 1.44 kcal의 열량을 가해 주어야 하는데, 이것을 얼음의 '몰 융해열(몰 용융열)'이라고 한다. 또한 100℃에서 물 1몰을 완전히 기화시키려면 9.72 kcal의 열량을 가해 주어야 하는데, 이것을 물의 '몰 기화열(몰 증발열)'이라고 한다. 이와 반대로, 수증기가 물로 바뀔 때나 물이 얼음으로 바뀔 때에는 기화열 또는 융해열과 같은 양의 열이 방출된다. 즉, 1몰의 수증기가 물로 변할 때 방출되는 몰 액화열(몰 응결열)은 몰 기화열과 같고, 1몰의 물이 얼음으로 변할 때 방출되는 열인 몰 응고열은 몰 융해열과 그 크기가 같다.




물의 상태 변화




❸ 그림 Ⅲ-20 물의 증발 실험_ 페트리 접시를 수조로 덮지 않은 경우 (가)와 페트리 접시를 수조로 덮은 경우 (나)

그림 Ⅲ-20과 같이 두 개의 페트리 접시에 물을 가득 담아 하나의 페트리 접시는 (가)와 같이 수조로 덮지 않고, 다른 페트리 접시는 (나)와 같이 수조로 덮어 놓으면, 며칠이 지난 후 (나)의 경우보다 (가)의 경우에 물이 더 많이 줄어든 것을 확인할 수 있다.

(가)의 경우 페트리 접시에 담긴 물은 계속 증발한다. 그러나 (나)의 경우에는 일정한 양의 물이 증발한 후 더 이상 증발하지 않는데, 이것은 수조 속의 공기가 더 이상 수증기를 받아들일 수 없는 상태가 되었기 때문이다. 이로부터 일정량의 공기 속에 포함할 수 있는 수증기량에는 한계가 있음을 알 수 있다.

더 자세히

**불포화 상태와 과포화 상태**

포화 상태의 수증기량보다 수증기량이 적은 상태를 불포화 상태라고 하며, 포화 상태의 수증기량보다 수증기량이 많은 상태를 과포화 상태라고 한다.




❸ 그림 Ⅲ-21 증발과 응결 및 포화 상태



공기가 최대한의 수증기를 포함하여 더 이상 수증기를 받아들일 수 없는 상태를 **포화 상태**라고 하며, 포화 상태의 공기 1 kg 속에 포함된 수증기의 양(g)을 **포화 수증기량**이라고 한다.

2. 기권의 변화 139

## 학습 자료실

### 대기 중 물의 상태

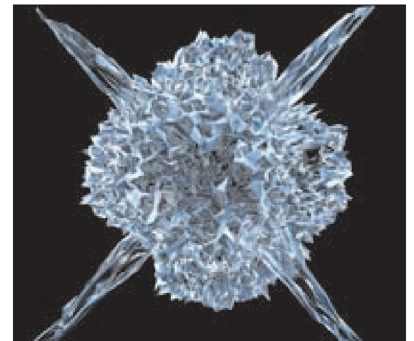
(1) **기체** 물이 분자 상태로 존재하는 것으로서, 우리 눈에 보이지 않는다. 겨울철 입김이나 주전자의 물이 끓을 때 뿌옇게 보이는 것은 수증기가 아니라 수증기가 상대적으로 차가운 공기 중에서 응결한 물방울들이다. 안개나 구름도 이와 같은 원리를 통해 형성된다.

(2) **액체** 수증기의 응결로 만들어진 물방울이 액체에 해당하며, 이러한 물방울들이 모여 우리 눈에 보이는 것이 안개와 구름이다. 물방울들이 지표면 부근에 있으면 안개, 물방울들이 공중에 떠 있으면 구름이다. 이 물방울들과 구름 내의 얼음 알갱이들이 뭉쳐 무게가 무거워지면 비 또는 눈이 되어 지표로 떨어지게 된다.



❹ 구름(액체)

(3) **고체** 온도가 낮은 공기 중의 물방울이 얼어서 만들어진 얼음 알갱이로서, 빙정이라고도 한다. 얼음 알갱이는 추운 지역의 구름이나 매우 높은 고도의 구름을 이루고 있다.



❹ 빙정(고체)

## 과학 돋보기

### 빨래가 잘 마를 수 있는 조건

(1) **온도가 높고 대기 중의 수증기량이 적은 경우** 공기의 온도가 높을수록 포화 수증기량이 많아서 많은 수증기를 포함할 수 있으며, 수증기량이 적을수록 수면으로 들어가는 물 분자의 수가 적다.

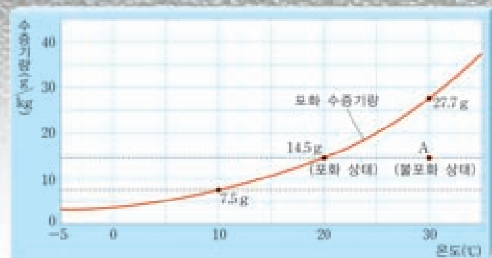
(2) **공간이 넓고 바람이 잘 불 경우** 수조 속의 페트리 접시에 있는 물보다 노출된 페트리 접시에 있는 물의 증발이 활발한 것은 증발한 수증기가 주위로 흩어지기 때문이다.

개방된 공간이 넓거나 바람이 잘 불면 빨래 주변의 수증기가 멀리 날아가 흩어질 수 있으므로 증발이 활발하게 일어날 수 있다. 반면에, 좁은 상자에 축축한 빨래를 넣고 뚜껑을 닫으면 바람에 의한 확산이 전혀 일어나지 않기 때문에 빨래는 잘 마르지 않는다.

따라서 날씨가 맑고 온도가 높으며 공기가 건조할 때 바람이 잘 부는 곳을 찾아 빨래를 널어 두면 잘 마른다.



❹ 빨래의 건조(증발)




❶ 그림 Ⅱ-22 포화 수증기량과 기온

그림 Ⅱ-22는 공기의 온도와 포화 수증기량의 관계를 나타낸 **포화 수증기량 곡선**이다. 그림에서 기온이 30°C일 때에는 포화 수증기량이 27.7 g/kg이고, 20°C일 때에는 14.5 g/kg, 10°C일 때에는 7.5 g/kg이다. 즉, 포화 수증기량은 기온이 낮아질수록 감소한다. 이것은 일정한 부피의 공기가 최대한으로 포함할 수 있는 수증기량은 기온이 낮아질수록 줄어든다는 의미이다. 그러면 공기의 온도가 계속 낮아지면 어떤 현상이 일어날까?

기온이 30°C이고, 1 kg에 14.5 g의 수증기가 포함된 공기(A)는 현재 불포화 상태이다. 이 공기가 냉각되어 기온이 20°C가 되면 포화 상태가 되며, 더 냉각되어 기온이 20°C 이하로 내려가면 수증기의 일부가 **응결**하여 물방울로 변한다. 이와 같이 공기의 냉각에 의해 응결이 일어나기 시작하는 온도를 **이슬점**이라고 하는데, 공기 중의 수증기량이 많을수록 이슬점이 높아진다.

음료수 병을 냉장고에서 꺼내어 식탁 위에 놓아 두었을 때 표면에 물방울이 맺히며, 겨울철 실외에 있다가 따뜻한 방 안으로 들어오면 안경이 뿌옇게 흐려지는 것을 경험한 적이 있을 것이다. 이것은 음료수 병이나 안경 주변의 공기 온도가 이슬점 이하로 내려가서 공기 중의 수증기가 응결하기 때문에 생기는 현상이다.



잠깐 체크 위 그림에서 공기 A가 10°C로 냉각되면 응결되는 수증기의 양은 얼마인가?

❸ 그림 Ⅱ-23 음료수 병에 맺힌 물방울과 뿌옇게 흐려진 안경



**잠깐 체크**

공기 A가 냉각되어 기온이 20°C가 되면 포화 상태가 되며, 더 냉각되어 기온이 20°C 이하로 내려가면 수증기의 일부가 응결하여 물방울로 변하게 된다.

10°C에서 포화 수증기량이 7.5 g/kg이므로 A의 기온이 10°C로 냉각되면 14.5 g/kg−7.5 g/kg=7 g/kg의 수증기가 응결된다.

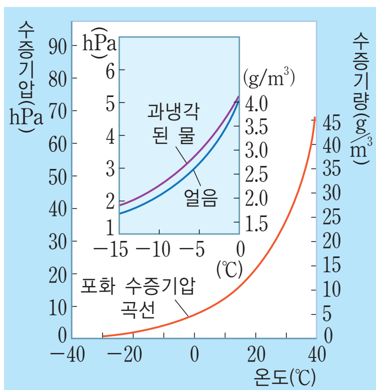
## 관련 지식

### ❀ 포화 수증기량

(1) **수증기압과 수증기량** 공기 중에 포함된 수증기만의 압력을 수증기압이라고 하며, 단위는 hPa을 사용한다. 공기 중에 포함된 수증기량은 g/kg으로 나타낸다. 공기 중에 수증기량이 많을수록 수증기압이 높아진다.

(2) **포화 수증기량** 수면에서 물의 증발이 계속 일어나다가 어느 시점에서 증발하는 분자 수와 돌아오는 분자 수가 같아진다. 이때의 수증기량을 포화 수증기량이라고 하며, 그때의 압력을 포화 수증기압이라고 한다. 즉, 포화 수증기량과 포화 수증기압은 비례 관계에 있다.

(3) **온도와 포화 수증기량** 온도가 높아지면 분자의 운동 에너지가 증가하므로 더 많은 물 분자들이 증발한다. 따라서 대기 중의 수증기량이 증가한다. 이러한 상황에서 평형 상태에 도달하려면 더 많은 수증기가 필요하고, 결국 포화 수증기량(포화 수증기압)도 증가하게 된다.




❹ 온도와 포화 수증기압

## 과학 돋보기

### ❀ 수증기의 응결이 일어나는 경우

(1) **온도가 낮아질 때** 온도가 낮을수록 포화 수증기량이 적으므로 불포화 상태의 공기가 포화 상태로 되어 수증기가 응결한다.

① 추운 겨울에 실외에 있다가 따뜻한 실내로 들어가면 안경이 뿌옇게 흐려진다.

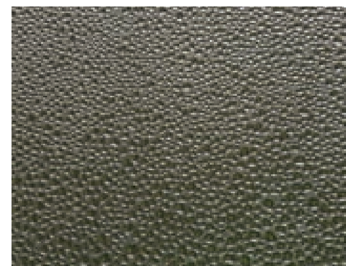
② 맑은 날 새벽에 지표면이 냉각되어 공기의 온도가 내려가 안개가 발생한다.

(2) **수증기가 공급될 때** 불포화 상태의 공기에 수증기가 공급되어 포화 상태에 이르면 응결된다.

① 목욕탕에서 더운물로 샤워할 때 수증기의 공급으로 포화되어 뿌옇게 흐려진다.

② 상대적으로 따뜻한 강이나 호수의 수면에서 수증기가 공기 중에 공급되어 포화에 이르러 물안개가 발생한다.

③ 전선 부근에서 비가 내릴 때 빗방울에서 증발한 수증기로 포화되어 안개가 발생한다.



❺ 응결

## 상대 습도

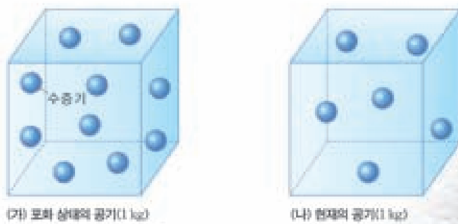
장마철에는 습하여 빨래가 잘 마르지 않고, 봄철이나 가을철에는 건조하여 빨래가 잘 마른다. 이와 같이 공기마다 습한 정도의 차이가 나는 이유는 무엇일까?

공기의 습한 정도를 **습도**라고 한다. **상대 습도**는 현재 기온에서 포화 수증기량에 대한 현재 공기 중의 수증기량의 비를 나타낸 것이다. 상대 습도는 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.

$$\text{상대 습도(\%)} = \frac{\text{현재 공기 중의 수증기량(g/kg)}}{\text{현재 기온에서의 포화 수증기량(g/kg)}} \times 100$$

예를 들어, 그림 (가)와 같이 현재 기온에서 어떤 공기 1 kg 속에 수증기 입자가 최대 10개까지 들어갈 수 있다고 하면, 이 공기의 포화 수증기량은 10개/kg이다. 그런데 그림 (나)와 같이 현재 이 공기에 수증기 입자가 6개 들어 있다고 하면, 이 공기의 현재 수증기량은 6개/kg이다.

**이슬점과 상대 습도** 기온이 이슬점과 같으면 수증기량은 포화 수증기량과 같아 상대 습도가 100 %이다. 또 이슬점이 기온에 가까울수록 상대 습도는 높다.




(가) 포화 상태의 공기(1 kg) (나) 현재의 공기(1 kg)

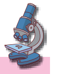
그림 Ⅱ-24 상대 습도 비교

이 공기의 상대 습도를 구하면 다음과 같다.

$$\frac{\text{현재 공기 중의 수증기량}}{\text{현재 기온에서의 포화 수증기량}} \times 100 = \frac{6\text{개/kg}}{10\text{개/kg}} \times 100 = 60\ \%$$

위와 같은 방법으로 상대 습도를 구하려면 포화 수증기량을 알기 위해 기온을 측정해야 하고, 현재 공기 중의 수증기량을 알기 위해 이슬점을 측정해야 한다. 일상생활에서 좀 더 간단하게 습도를 알 수 있는 방법은 없을까?

2. 기권의 변화 141

### 기타 수증기량을 나타내는 물리량

(1) **절대 습도** 단위 부피의 공기에 포함되어 있는 수증기의 양으로서, 단위는 g/kg이다. 공기 1 kg 속에 들어 있는 수증기의 질량(g)으로 나타낸다.

(2) **비습**(specific humidity) 단위 질량의 습윤 공기에 포함되어 있는 수증기의 양으로서, 공기 1 kg 중에 포함되어 있는 수증기의 질량으로 나타낸다.

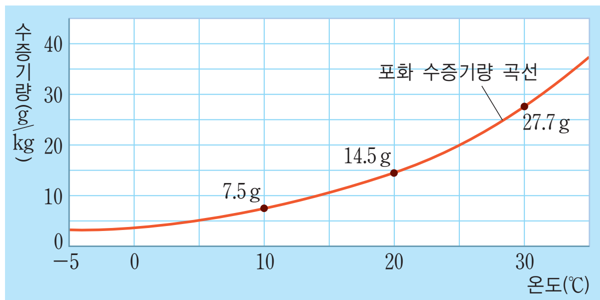
(3) **혼합비**(mixing ratio) 단위 질량의 건조 공기에 포함되어 있는 수증기의 양으로서, 건조 공기 1 kg 중에 포함되어 있는 수증기의 질량으로 나타낸다.

비습에서 공기 1 kg은 건조 공기와 수증기를 더했을 때의 질량이지만, 혼합비에서는 건조 공기 1 kg과 수증기를 더했을 때이다. 따라서 비습보다 혼합비가 큰 값을 가진다. 그러나 실제로 대기 중에서의 수증기량은 매우 적은 수준에 불과하기 때문에 비습과 혼합비는 거의 비슷한 값이 나타난다.

## 관련 지식

### 이슬점과 상대 습도

(1) **이슬점** 공기를 냉각시켜 포화에 도달하는 온도로서, 절대 습도(수증기량)가 높을수록 높다.




- 절대 습도가 27.7 g/kg인 공기의 이슬점: 30°C
- 절대 습도가 14.5 g/kg인 공기의 이슬점: 20°C
- 절대 습도가 7.5 g/kg인 공기의 이슬점: 10°C

(2) **상대 습도**

① 현재 공기 중의 수증기량과 포화 수증기량의 비율을 백분율(%)로 나타내므로 수증기량이 많을수록, 포화 수증기량이 적을수록 상대 습도가 높다.

- **수증기량**: 이슬점(절대 습도)이 높을수록 많다.
- **포화 수증기량**: 온도가 높을수록 많다.

② 상대 습도는 이슬점(절대 습도)이 높을수록 높고, 온도가 낮을수록 높다.

③ 같은 온도에서 이슬점(절대 습도)이 높을수록 상대 습도가 높다.

예 온도가 30°C일 때: 이슬점이 30°C인 공기의 상대 습도는 100 %, 이슬점이 20°C인 공기의 상대 습도는 약 57 %, 이슬점이 10°C인 공기의 상대 습도는 약 31 %이다.

## 탐구 활동 실험

**| 목표 |**

건습구 습도계의 원리를 이해하고, 습도를 측정할 수 있다.

**| 원리 설명 |**

습구 온도와 건구 온도가 차이나는 것은 습구 온도계의 헝겊에서 물이 증발하면서 증발열(기화열)을 빼앗아 가기 때문이다.

**| 유의점 |**

1 비커와 건구 온도계가 부딪치지 않도록 온도계 사이의 거리를 조절하도록 한다.

2 습구 온도계의 구부가 잘 젖도록 헝겊을 충분히 감고, 구부와 수면 사이의 거리가 너무 멀지 않도록 한다.

3 부채를 부칠 때에는 온도계가 지나치게 흔들리지 않도록 약하게 부치고, 습구 온도계의 구부에서 증발이 충분히 일어나도록 시간을 확보한다.

4 습구 온도계의 구부에서 증발이 충분히 이루어졌다고 판단될 때 온도계의 눈금과 눈의 높이가 수평 방향이 되도록 하여 정확히 읽도록 한다.

**| 결과 | 창의·인성**

1 습구 온도계의 구부 주변에 있는 수증기를 부채질로 날려 보내 젖은 헝겊의 증발이 잘 일어나도록 한다.

2 습구 온도계에서 증발이 일어나기 때문에 건구 온도계보다 온도가 낮다.

3 습구 온도와 건구와 습구의 온도 차를 측정하면 습도표를 이용하여 습도를 알 수 있다.

4 습도가 낮으면 물의 증발이 활발하여 건구와 습구의 온도 차가 크고, 습도가 높으면 물의 증발이 잘 일어나지 않아 건구와 습구의 온도 차가 작다.

---

### 탐구 활동 | 건습구 습도계를 이용한 습도 측정 실험

**목표**

건습구 습도계의 원리를 이해하고, 습도를 측정할 수 있다.

**준비물**

스탠드, 클램프, 부채, 온도계 2개, 비커, 얇은 헝겊, 실, 물, 습도표

**과정**

❶ 그림과 같이 스탠드와 클램프를 장치하고, 온도계 2개를 적당한 간격으로 매단다.

❷ 온도계 2개 중 하나의 구부에 얇은 헝겊을 감아 실로 고정하고, 얇은 헝겊의 끝부분을 비커 속의 물에 담가 습구 온도계를 만든다.

❸ 두 온도계의 구부를 부채로 5분 정도 부쳐 바람을 일으킨 다음 건구 온도와 습구 온도를 잰다.



| 습구 온도(℃) | 건구 온도와 습구 온도의 차(℃) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 16 | 100 | 90 | 82 | 74 | 66 | 60 |
| 17 | 100 | 91 | 82 | 74 | 67 | 61 |
| 18 | 100 | 91 | 83 | 75 | 68 | 62 |
| 19 | 100 | 91 | 83 | 76 | 69 | 62 |
| 20 | 100 | 91 | 83 | 76 | 69 | 63 |

❹ 습도표_ 건구 온도가 25 ℃이고 습구 온도가 20 ℃이면, 건구와 습구의 온도 차는 5 ℃이다. 그러므로 이때의 습도는 63 %이다.

**유의점**

1. 물을 담은 비커를 오랫동안 실험실에 두어 비커 속 물의 온도가 실험실의 온도와 같아지도록 한다.
2. 부채를 충분한 시간 동안 약하게 부치도록 한다.

**결과** 창의·인성

1 실험 과정에서 부채를 부쳐 바람을 일으키는 이유는 무엇인가?

2 실험에서 측정한 건구와 습구의 온도는 각각 몇 ℃인가? 또 온도 차가 생기는 이유는 무엇인가?

3 습도표를 이용하여 실험실 안의 상대 습도를 구해 보자.

4 건구와 습구의 온도 차는 습도와 어떤 관계가 있는지 토의해 보자.

**건구 온도계와 습구 온도계** 건습구 습도계를 구성하는 두 개의 온도계 중 구부를 공기에 노출한 온도계를 건구 온도계라고 하며, 구부를 젖은 헝겊 등으로 싸서 끝을 물속에 담근 온도계를 습구 온도계라고 한다.

**건습구 습도계**는 물이 증발할 때 열을 흡수하는 성질을 이용하여 만든 것이다. 습도가 100 %인 경우를 제외하면 습구 온도는 건구 온도보다 항상 낮다. 이때 공기가 건조할수록 습구에서 물의 증발이 활발하게 일어나서 습구 온도가 더 많이 내려간다. 따라서 공기가 건조할수록 건구와 습구의 온도 차가 크게 나타난다.

이 밖에 머리카락을 사용하여 만든 모발 습도계나 연속적인 습도의 변화를 기록하는 자기 습도계를 이용하여 습도를 측정하기도 한다.

142 Ⅱ. 기권과 우리 생활

---

### 과학 돋보기

**습도계**

(1) **건습구 습도계** 가장 많이 사용하는 습도계로서, 건구 온도계와 습구 온도계로 되어 있다. 습구 온도계의 구부를 감싼 헝겊에서 물이 증발하면 건구와 습구 온도에 차이가 나는 원리를 이용하여 습도를 측정한다. 습도가 낮으면 물의 증발이 활발히 일어나 열을 많이 빼앗아 가므로 건구 온도계와 습구 온도계의 온도 차가 크고, 반대로 습도가 높으면 물의 증발이 잘 일어나지 않아 건구 온도계와 습구 온도계의 온도 차가 작다.

(2) **모발 습도계** 머리카락이 습도가 높을 때는 팽창하고, 건조할 때는 수축하는 성질을 이용한 습도계이다.

(3) **자기 습도계** 모발 습도계의 원리를 이용하여 머리카락의 수축과 팽창에 따라 돌아가는 바늘에 펜을 달고 이것을 회전하는 원통에 닿게 하여 시간에 따른 습도의 변화를 연속적으로 기록한다.

(4) **이슬점 습도계** 이슬점을 측정함으로써 공기 속의 습도를 알 수 있는 습도계이다. 공기 속의 수증기를 응축시켜 이슬로 만드는 냉각 장치와 응축이 일어나는 온도를 측정하는 장치로 구성되어 있다.

시시각각으로 날씨가 변하고, 이에 따라 습도도 변한다. 습도는 날씨의 변화에 따라 어떻게 달라질까?

그림 Ⅲ-25는 어떤 지역의 3일 동안 기온과 습도의 변화를 나타낸 것이다.

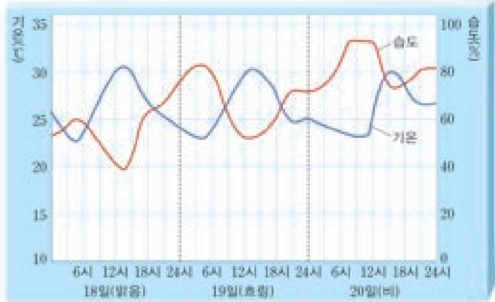



그림 Ⅲ-25 3일 동안의 날씨, 기온, 습도의 변화

흐리거나 비가 내리는 날에는 맑은 날보다 공기 중의 수증기량이 많으므로 습도가 상대적으로 높다. 특히 비가 내리는 날에는 공기 중의 수증기량이 포화 상태에 가깝기 때문에 습도가 90 % 이상으로 높게 나타나기도 한다.

맑은 날에는 시간이 변함에 따라 따라 기온과 습도의 변화가 크게 나타난다. 이것은 맑은 날에는 공기 중 수증기량의 변화가 거의 없지만 온도 변화는 크기 때문이다. 즉, 기온이 낮은 새벽에는 포화 수증기량이 적어서 습도가 높고, 이슬점 이하로 기온이 내려가서 짙은 안개가 끼는 경우도 있다. 반면에, 기온이 높은 한낮에는 포화 수증기량이 많아서 습도가 낮다.

우리나라의 여름철에는 공기 중의 수증기량이 아주 많아서 기온이 높더라도 습도가 높다. 반면에, 겨울철에는 공기 중의 수증기량이 적어서 기온이 낮더라도 습도가 낮다. 따라서 여름철에는 에어컨의 제습 기능을 이용하여 습도를 낮추고, 겨울철에는 난방 기구를 작동할 때 가습기를 틀거나 실내에 젖은 빨래를 널어 적당한 습도를 유지해 주는 것이 좋다.

더하기 **강수 현상과 습도** 비가 내리는 날에는 빗방울로부터 수증기가 대기 중으로 공급되어 습도가 높다.



잠깐 체크 추운 겨울에 실내에 난로를 피운 후 난로 위에 물주전자를 올려놓는 이유는 무엇일까?

2. 기권의 변화 143

❀ **습도의 변화**

(1) **기온 변화에 따른 습도의 변화** 맑은 날에는 대기 중의 수증기량의 변화는 작게 나타나고 기온 변화는 크게 나타난다.

① **이슬점:** 맑은 날에는 공기 중에 포함된 수증기량이 거의 변하지 않기 때문에 이슬점이 거의 일정하다.

② **기온 변화:** 해가 뜨기 직전인 새벽에 기온이 가장 낮고, 오후 2시경에 기온이 가장 높으며, 이후 낮아진다.

③ **습도 변화:** 기온이 가장 낮은 새벽에 습도가 가장 높고, 기온이 가장 높은 오후 2시경에 습도가 가장 낮다.

(2) **수증기량 변화에 따른 습도의 변화** 대기 중에 수증기량이 증가하여 이슬점이 높아지면 습도가 높아지고, 수증기량이 감소하여 이슬점이 낮아지면 습도가 낮아진다.

❀ **날씨와 습도**

(1) **맑은 날** 기온과 습도의 변화가 반대로 나타난다.

(2) **흐린 날** 기온과 습도의 변화가 맑은 날보다 작게 나타난다.

(3) **비 온 날** 공기 중에 수증기가 많기 때문에 습도가 90 % 이상이다.




❀ **우리나라의 계절별 습도**

(1) **여름철** 남동 계절풍이 불고, 북태평양으로부터 고온 다습한 공기가 공급되어 습도가 높다.

(2) **겨울철** 북서 계절풍이 강하게 불고, 시베리아 대륙으로부터 한랭 건조한 공기가 유입되어 습도가 낮다.

(3) **봄철과 가을철** 중국 대륙 쪽에서 바람이 불어와 온난 건조한 공기가 유입되어 습도가 비교적 낮아 쾌적하다.

❀ **습도와 생활**

(1) **습도와 체감 온도**

① 여름철에는 온도가 같아도 습도가 높으면 땀이 증발되지 않아 더 덥게 느껴진다.

② 겨울철에는 피부 표면의 수분이 건조한 공기 중으로 증발되는데, 이 과정에서 우리 몸은 열을 빼앗기므로 더 춥게 느껴진다.

(2) **실내 습도 관리**

① **여름철:** 의류나 책, 가구 등에 습기가 차서 눅눅해지고, 심한 경우에는 곰팡이가 생기기 때문에 옷장이나 신발장을 실외에 널어 제습제를 넣어 두는 것이 좋으며, 맑은 날에는 옷이나 이불, 신발 등을 실외에 널어 바람을 쏘인다.

② **겨울철:** 습도가 30 %를 밑돌면 피부가 건조해져 가려움을 느끼게 되며, 감기와 같은 호흡기 질환에 감염될 가능성이 커진다. 실내와 외부의 기온 차이에 의해 외부와 접한 실내의 벽이나 유리창에 물방울이 맺히는 결로 현상이 나타나기도 한다. 그러므로 겨울철에는 실내에 빨래를 널어 두거나 가습기를 사용하여 습도를 조절한다.

**잠깐 체크**

겨울철에는 대체로 습도가 낮아 쉽게 건조함을 느끼게 된다. 이때 물주전자를 난로 위에 올려놓으면 주전자 안의 물이 가열되어 공기 중에 수증기를 공급하면서 방 안의 습도를 적절하게 유지할 수 있다.

## 융합 STEAM

### ❀ 우리나라의 지역별 여름철 불쾌지수

기상청은 최근 10년간(2001~2010년) 전국 60개 지역에서 6~9월의 불쾌지수를 분석하였다. 그 결과 제주도의 서귀포 지역이 예상과는 달리 여름철 불쾌지수가 가장 높은 것으로 조사됐다. 불쾌지수가 가장 낮은 곳은 대관령이며, 서울도 예상과는 달리 불쾌지수가 낮았다.

❶ 불쾌지수가 높은 지역과 낮은 지역

| 구분 | 지역 |
|---|---|
| 불쾌지수가 높은 지역 | 서귀포: 77.9<br>전주, 진주, 순천, 합천: 77.3<br>부여: 77.2<br>광주, 남원, 해남, 밀양: 77.1<br>정읍: 77.0 |
| 불쾌지수가 낮은 지역 | 대관령: 68.6<br>속초: 73.1<br>울진: 73.3<br>강릉: 74.0<br>인제: 74.4 |

자료: 기상청

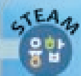
서귀포, 전주, 진주, 부안, 순천 등이 불쾌지수가 가장 높은 5대 도시로 꼽혔고, 반대로 대관령, 속초, 울진, 강릉, 인제 등이 불쾌지수가 가장 낮은 5대 지역으로 조사됐다.

서울은 불쾌지수가 75.4로서, 예상과 달리 상대적으로 불쾌지수가 낮았다.

불쾌지수가 높은 지역은 우리나라의 남부 지역으로서, 저위도에 위치해 온도가 높을 뿐만 아니라 습도가 높은 남서풍의 영향을 받기 때문이다.

하루 중 불쾌지수는 오후 2시에 가장 높고, 오전 6시에는 가장 낮은 것으로 나타났다. 월별 불쾌지수는 8월(78.9)이 가장 높고, 9월(73.3)이 가장 낮았다.

최근 10년간 불쾌지수의 평균값은 75.9로서, 1981~1990년(75.1), 1991~2000년(75.3)보다 각각 0.8과 0.6이 상승해 최근 불쾌지수가 상승하는 추세를 보였다.



STEAM 융합

## 불쾌지수

사막 지역을 여행했던 사람들의 이야기를 들어 보면 "기온이 40°C에 이르는 데도 그늘에만 들어가면 그다지 덥지 않다."고 한다. 그러나 우리나라에서는 여름철에 기온이 30°C 정도만 되어도 푹푹 찐다는 느낌이 들 때가 많다. 이러한 현상은 습도가 달라서 나타나는 현상이다. 우리가 느끼는 더위는 기온뿐만 아니라 습도에 의한 영향도 받는다.

기온과 습도에 따른 불쾌감의 정도를 숫자로 나타낸 것을 **불쾌지수**라고 한다. 불쾌지수가 높은 날에는 사소한 일에도 쉽게 불쾌해지므로 서로에 대한 배려를 잊지 말아야 한다. 불쾌지수는 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.

$$\text{불쾌지수} = (\text{건구 온도} + \text{습구 온도}) \times 0.72 + 40.6$$

예를 들어, 건구 온도가 30°C이고 습구 온도가 22°C일 때의 불쾌지수는 78로, 절반 이상의 사람들이 불쾌함을 느끼게 된다.

신문이나 방송을 보면 기온과 습도 등을 고려하여 정해진 여러 가지 생활 지수를 발표하고 있다. 이러한 생활 지수는 하루의 일을 계획하고 실천하는 데 도움을 준다.

❶ 기온과 습도에 따른 불쾌지수의 변화

| 불쾌지수 | 불쾌감의 정도 |
|---|---|
| 70~74 | 일부 사람이 불쾌함을 느낀다. |
| 75~79 | 절반 이상의 사람이 불쾌함을 느낀다. |
| 80~84 | 모든 사람이 불쾌함을 느낀다. |
| 85 이상 | 참을 수 없을 정도로 불쾌함을 느낀다. |

운동 지수 40



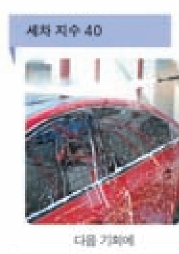
실내에서 가벼운 운동을

빨래 지수 40



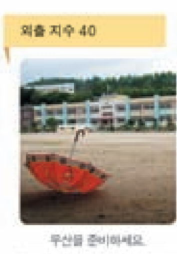
미루거나 실내 건조

세차 지수 40



다음 기회에

외출 지수 40



우산을 준비하세요.

144





### ❀ 계절별 생활 지수

(1) **여름철** 기온이 높고 수증기량이 많기 때문에 불쾌지수가 높다.

① **식중독 지수**: 온도와 미생물 증식 기간의 관계를 고려하여 식중독 발생 가능성을 백분율로 나타낸 수치이다.

② **자외선 지수**: 태양의 고도가 최대인 시각일 때 지표에 도달하는 자외선 영역의 복사량을 지수식으로 환산한 것이다.

③ **세탁 지수**: 세탁물을 옥외에서 말리는 오전 9시부터 오후 3시까지의 일사량, 풍속, 기온, 습도를 예상하고, 세탁물을 내걸 때 건조가 되는 정도를 지수로 나타낸 것이다.

(2) **겨울철** 기온이 낮고 수증기량이 적다.

① **감기 지수**: 기온, 습도 등의 예보 자료를 바탕으로 하여 감기에 걸릴 가능성을 예측해 주는 지수로서, 감기 지수는 감기에 걸릴 가능성을 매우 높음, 높음, 보통, 낮음의 4단계로 나눠서 예보한다.

② **산불 예방 지수**: 산불의 발생이 빈번한 11월부터 5월까지 산불 발생에 중요한 영향을 미치는 기상 요소들을 산출하여 산불 발생 확률을 계산한다.



**구름의 생성**

밤사이에 지표면이 냉각되어 기온이 이슬점보다 낮아지면 수증기가 응결하여 건물이나 풀잎 등에 달라붙어 **이슬**로 맺히고, 기온이 0°C보다 낮아지면 공기 중의 수증기가 물체의 표면에 얼어붙어 **서리**가 된다. 그리고 수증기를 많이 포함하고 있는 지표면 부근의 공기가 냉각되면 **안개**가 발생하기도 한다.

비행기가 구름 속을 통과할 때 창밖을 보면 짙은 안개가 낀 날에 자동차를 타고 가면서 창밖을 보았을 때의 모습과 같다. 구름도 안개처럼 작은 물방울이나 얼음 알갱이가 하늘에 높이 떠 있는 것이기 때문이다.

새벽에는 구름이 전혀 없다가 오전에 구름이 발생하여 오후에는 매우 큰 규모의 구름으로 변해 가는 모습을 볼 수 있다. 이러한 구름은 어떻게 만들어지는 것일까?

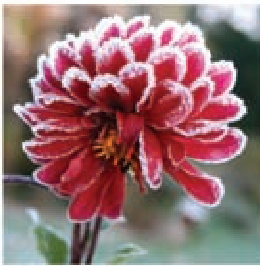
잠깐 체크 안개가 주로 새벽에 끼는 이유는 무엇인가? 또 시간이 지나면서 안개가 걷히는 이유는 무엇인가?



❸ 그림 Ⅱ-26 이슬



❸ 그림 Ⅱ-27 안개



❸ 그림 Ⅱ-28 서리

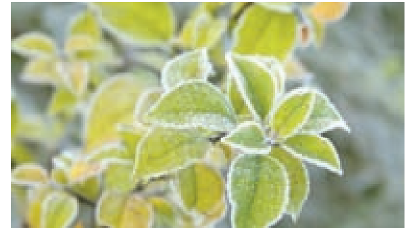
2. 기권의 변화 145

## | 관련 지식 |

### ❀ 대기 중 수증기의 응결

(1) **이슬** 밤에 대기 중에 노출되어 있는 물체 표면에 수증기가 응결되어 맺힌 물방울이다.

(2) **서리** 지면이나 노출된 물체 표면에서 직접 결정화된 대기 수분으로서, 대기 중의 수증기가 중간 단계인 액체를 거치지 않고 곧바로 얼음으로 변하여 형성된다.



❸ 서리가 내린 나뭇잎

**잠깐 체크**

안개는 기온이 이슬점 이하로 내려가 수증기가 응결할 때 만들어진다. 맑은 날 새벽에는 밤새 복사 냉각에 의해 지표면 근처의 공기가 냉각되어 기온이 이슬점 이하로 내려가기 때문에 안개가 잘 생긴다. 시간이 지나 기온이 이슬점 이상으로 상승하면 안개를 이루던 물 입자가 다시 수증기로 변하여 안개가 걷히게 된다.

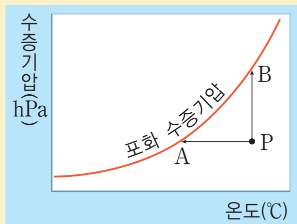
## 심화 학습 안개

(1) **안개** 대기에 떠다니는 작은 물방울의 모임 중에서 지표면과 접촉하며 가시거리가 1000 m 이하인 것을 안개라고 한다. 구름과 안개는 서로 비슷한 현상이지만, 구름은 수증기가 공중에서 응결하여 생긴 물방울들과 수증기의 승화로 만들어진 빙정들이 떠 있는 것이고, 안개는 지표면 부근에서 수증기가 응결한 것이다.

(2) **안개가 발생하는 경우**

① 공기가 냉각될 때(P→A): 공기가 이슬점 이하로 냉각될 때

② 수증기량이 증가할 때(P→B): 수증기가 공급되어 포화될 때




❸ 안개가 발생하는 경우

(3) **냉각에 의한 안개**

① **복사 안개:** 맑은 날 밤에 지표면의 복사 냉각으로 발생하는 안개로서, 기온 차가 큰 내륙에서 잘 생긴다.

② **이류 안개:** 따뜻한 공기가 찬 곳으로 이동하여 냉각되어 발생하는 안개이다.

③ **활승 안개:** 공기가 산사면을 따라 상승할 때 단열 팽창으로 냉각되어 발생하는 안개이다.

(4) **수증기량 증가에 의한 안개**

① **전선 안개:** 전선 부근의 따뜻한 빗방울에서 증발한 수증기가 응결하여 발생하는 안개이다.

② **증발 안개:** 찬 공기 덩어리가 따뜻한 수면 위를 지날 때 수면에서 증발된 수증기가 찬 공기 속에서 응결하여 생성되는 안개이다. 겨울철의 강이나 호수면 위에 잘 생긴다.

## 탐구 활동 실험

### 목표

단열 변화를 이해하고, 구름의 발생 과정을 설명할 수 있다.

### 유의점

1 구름 발생 장치 안에 수증기가 충분히 공급되도록 물을 넣고 잘 흔들어 주도록 한다.

2 공기 펌프로 공기를 주입하여 단열 압축할 때 온도가 서서히 올라가므로 충분한 시간이 지난 후에 온도를 측정한다.

3 공기를 압축시키기 전에는 공기가 새지 않도록 구름 발생 장치의 나사를 잘 조이고, 공기를 팽창시킬 때에는 짧은 시간에 재빨리 빠져 나가도록 한다. 공기를 빠르게 배출해야 온도가 내려가면서 구름 발생 장치 안이 뿌옇게 흐려진다.

4 구름 발생 장치의 내부 온도 변화가 크지 않으므로 세심하게 관찰하도록 한다.

### 결과

1 구름 발생 장치 안의 공기가 압축되므로 온도가 올라가고, 물의 증발로 수증기량이 증가한다.

2 구름 발생 장치 안의 공기가 팽창하므로 온도가 내려가고, 포화 상태에 이르면 수증기가 응결하여 장치 내부가 뿌옇게 흐려진다.

3 구름 발생 장치 안에 향 연기를 넣고 실험을 실시하면 응결이 활발하게 일어나 장치 내부가 더 뿌옇게 흐려진다.

4 수증기를 모아 응결을 촉진시키는 응결핵 역할을 한다.

### 잠깐 체크

바람이 불면 지표면 부근의 공기가 위층의 공기와 잘 섞이므로 수증기로 포화되지 않아 응결하기 어렵기 때문이다.

---

**탐구 활동** 구름의 발생 실험

**목표**
단열 변화를 이해하고, 구름의 발생 과정을 설명할 수 있다.

**준비물**
구름 발생 장치, 온도계, 물, 향, 성냥

**유의점**
1. 공기를 압축시킬 때 구름 발생 장치의 나사를 잘 조여 공기가 새지 않도록 한다.
2. 불이 붙은 향을 다룰 때, 손을 데지 않도록 주의하고, 향을 사용한 후에는 반드시 끄도록 한다.
3. 온도계가 튀어 나올 수 있으므로 잘 조여서 마무리한다.

**과정**

❶ 구름 발생 장치에 물을 조금 넣고 잘 흔든 다음, 뚜껑을 잘 닫고 밸브를 잠근 후 온도를 측정한다.

❷ (가)와 같이 공기 펌프를 눌러 공기를 압축시킨 후 온도를 측정하고, 내부에서 일어나는 변화를 살펴본다.

❸ (나)와 같이 밸브를 열어 공기를 빠르게 배출시키면서 온도를 측정하고, 내부에서 일어나는 변화를 살펴본다.


(가) 공기를 압축시킬 때


(나) 공기를 팽창시킬 때

❹ 구름 발생 장치의 뚜껑을 열고 향의 연기를 조금 넣은 후, 위의 실험 과정을 되풀이한다.

**결과**

1 과정 ❷에서 온도는 어떻게 변하며, 내부에서는 어떤 변화가 일어나는가?

2 과정 ❸에서 온도는 어떻게 변하며, 내부에서는 어떤 변화가 일어나는가?

3 과정 ❹에서 밸브를 열어 공기를 배출시킬 때의 결과를 과정 ❸의 결과와 비교해 보자.

4 과정 ❹에서 향의 연기는 무슨 역할을 하는가?

**용어 응결핵** 수증기의 응결을 돕는 물질을 말하며, 자연에서는 먼지, 오염 물질, 소금 알갱이 등이 응결핵 역할을 한다.

구름 발생 장치 안의 공기를 빠르게 배출시키면 내부가 뿌옇게 흐려진다. 이것은 공기를 팽창시키면 온도가 내려가서 공기 중의 수증기가 응결하기 때문이다. 향의 연기를 넣었을 때에는 향의 연기가 응결이 쉽게 일어나도록 하는 **응결핵** 역할을 하기 때문에 더 뿌옇게 흐려지게 된다.

**잠깐 체크** 지표면의 냉각으로 생기는 안개는 바람이 부는 날보다 바람이 불지 않는 날에 잘 발생하는데, 그 이유는 무엇일까?

146 Ⅱ. 기권과 우리 생활

---

### 참고 자료 응결핵

(1) **응결핵** 대기 중에서 수증기가 응결하여 구름이 생성될 때 중심이 되는 떠다니는 작은 고체나 액체 알갱이를 말하며, 구름이 응결되는 데 필요한 응결핵 역할을 하는 것은 주로 공기 중에 있는 먼지이다. 응결핵이 없으면 수증기가 과포화 상태가 되어도 응결이 일어나지 않는다.

크기에 따라 거대핵(반지름 1~20 $\mu$m), 큰핵(반지름 0.2~1 $\mu$m)으로 나눈다. 대기 중에 있는 응결핵의 수는 구름이 발생할 때의 조건, 공기의 오염 정도에 따라 다르기 때문에 정확히 표시할 수는 없지만, 공기 1 $cm^3$ 중에 수백~10만 개가 있는 것으로 추정된다.

(2) **응결핵의 종류**

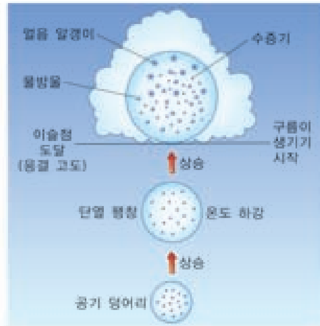
① 바닷물의 물보라가 증발하고 남은 해염 입자(바다 소금)

② 연소로 생긴 미세한 입자나 연기 입자

③ 지면에서 바람에 날려서 올라간 화산재나 토양의 미세 입자

공기는 외부와 열을 주고받지 않고 부피 변화만으로도 온도가 변한다. 공기가 압축되면 온도가 올라가고, 반대로 팽창하면 온도가 내려간다. 이와 같이 외부와 열의 출입 없이 공기의 부피가 변하는 현상을 **단열 변화**라고 한다. 이때 공기의 부피가 팽창하면서 기온이 낮아지는 현상을 **단열 냉각**이라고 한다.

자연에서 공기가 팽창하는 경우는 공기가 상승할 때이다. 공기 덩어리가 상승하면 주위의 기압이 낮아지므로 공기 덩어리는 단열 팽창하여 기온이 낮아진다. 공기가 더 높이 상승하여 기온이 이슬점과 같아지는 응결 고도에 이르면 수증기가 응결하여 물방울이나 얼음 알갱이가 생성되어 구름이 만들어진다. 공기가 상승하여 구름이 만들어지는 경우는 여러 가지가 있다.

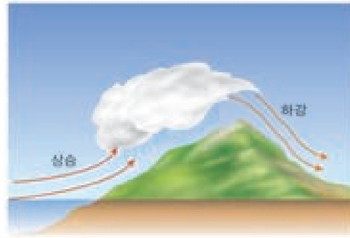


❶ 그림 Ⅱ-29 구름의 생성 과정

❶ 그림 Ⅱ-30 공기가 상승하여 구름이 만들어지는 경우



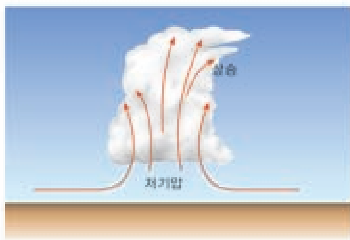
(가) 지표면의 불균등 가열이 일어날 때



(나) 공기가 산을 타고 올라갈 때



(다) 따뜻한 공기와 찬 공기가 만날 때



(라) 저기압 중심에 공기가 모여들 때



## | 관련 지식 |

### ❀ 구름의 생성

(1) **구름의 생성 과정** 불포화 공기의 상승 → 단열 팽창 → 온도 하강 → 상대 습도 증가 → 이슬점 도달 → 수증기 응결 → 구름 생성

(2) **자연에서 구름이 생성되는 경우**

① **지표면의 부등 가열:** 여름철에는 지표면이 가열되는 정도가 달라서 어떤 부분의 온도가 다른 부분의 온도보다 높아지면 공기가 상승한다. ➡ 적운이나 적란운 생성

② **산사면을 타고 상승:** 공기가 산의 경사면을 타고 상승할 때 단열 팽창에 의해 냉각되어 산 정상에 구름이 생성된다.

③ **전선면을 타고 상승:** 찬 공기와 따뜻한 공기가 만나는 전선면을 타고 따뜻한 공기가 상승한다거나 찬 공기가 따뜻한 공기를 밀어 올릴 경우 전선면에서는 많은 구름이 생성된다.

- 찬 공기가 따뜻한 공기를 밀어 올리는 경우: 적운형 구름 생성
- 따뜻한 공기가 찬 공기를 타고 상승하는 경우: 층운형 구름 생성

④ **저기압 중심에서 상승:** 저기압 중심 부근에서 공기가 수렴하여 상승할 때 단열 팽창으로 냉각되어 구름이 생성된다.




### ❀ 단열 변화

(1) **단열 변화** 공기 덩어리가 외부와의 열 교환 없이 부피 변화에 의해서 기온이 변하는 것을 말한다.

① 공기 덩어리가 상승하는 경우: 주위의 기압이 낮아지므로 부피가 팽창하며, 내부 에너지가 감소하고, 기온이 하강한다.

② 공기 덩어리가 하강하는 경우: 주위의 기압이 높아지므로 부피가 수축하며, 내부 에너지가 증가하고, 기온이 상승한다.

(2) **단열 감률**

① **건조 단열 감률:** 불포화 상태의 공기 덩어리가 상승하거나 하강하면 기온이 100 m마다 1°C씩 변한다.

② **습윤 단열 감률:** 포화 상태의 공기 덩어리가 상승하거나 하강하면 기온이 100 m마다 약 0.5°C씩 변한다. 습윤 단열 감률은 응결하는 수증기의 양에 따라 달라지는데, 기온이 낮을수록 포화 수증기압의 변화량이 작으므로 습윤 단열 감률이 커진다.

③ **이슬점 감률:** 불포화 상태의 공기 덩어리가 상승하거나 하강하면 이슬점이 100 m마다 약 0.2°C씩 변한다.

(3) **상승 응결 고도** 불포화된 공기 덩어리가 상승하여 단열 팽창으로 온도가 낮아져 이슬점과 같아지면 공기 덩어리는 포화 상태에 이르러 수증기의 응결이 일어나므로 구름이 생기기 시작하는데, 이 높이를 상승 응결 고도라고 한다.

상승 응결 고도를 구하기 위해서는 건조 단열 감률과 이슬점 감률, 지표면에서의 기온과 이슬점을 알아야 한다. 지상에서의 기온을 $t$°C, 이슬점을 $t_d$°C라고 하면, 상승 응결 고도 $H$는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$t-(\text{건조 단열 감률}\times H)=t_d-(\text{이슬점 감률}\times H)$$

$$t-\frac{1^\circ\text{C}}{100\text{ m}}\times H=t_d-\frac{0.2^\circ\text{C}}{100\text{ m}}\times H$$

$$\therefore H(\text{m})=125(t-t_d)$$



학습 자료실

## ❀ 구름의 분류

구름은 높이에 따라 상층운, 중층운, 하층운, 연직운으로 분류하고, 모양에 따라 층운형 구름, 적운형 구름으로 분류한다.

(1) **상층운** 대기권 윗부분에 떠 있는 구름이다.

① **권운**: 흰색의 가느다란 털실이나 좁은 띠 모양으로 흩어져 있는 구름이다.

② **권층운**: 면사포로 씌워 놓은 것 같은 희고 얇은 구름으로서, 이 구름이 해나 달을 덮으면 햇무리나 달무리가 나타난다.

③ **권적운**: 잔물결이나 생선 비늘 모양의 얇고 흰 구름으로서, 음영이 없다.

(2) **중층운** 상층운과 하층운의 중간 높이에 있는 구름으로서, 2~6 km 높이에 떠 있다.

① **고층운**: 줄무늬로 된 회색 또는 옅은 검정색 구름이다.

② **고적운**: 작은 구름 덩어리가 양 떼와 같이 모여 있는 백색이나 회색의 구름으로서, 음영이 있다.

(3) **하층운** 지상 2 km 이내의 공중에 떠 있는 구름이다.

① **층적운**: 옅은 판이 두루마리 모양으로 말린 구름으로서, 회색에 옅은 검은색을 띤 부분도 있다.

② **층운**: 안개와 비슷하지만 지면에 닿아 있지 않은 점이 다르며, 비가 갠 후 낮은 산에 걸려서 나타난다.

③ **난층운**: 하늘 전체를 덮고 있는 낮고 짙은 회색의 구름으로서, 연속적인 비나 눈을 동반한다.

(4) **연직운** 하층운의 높이로부터 상층운의 높이까지 연직으로 발달한 구름이다.

① **적운**: 맑은 하늘에 뭉게뭉게 솟아오르는 구름으로서, 여름철 지표면 부근에 있는 공기가 가열되어 대류가 활발할 때 생성된다.

② **적란운**: 연직 방향으로 크게 발달한 짙은 구름으로서, 소나기와 천둥, 번개 등을 동반하기도 한다.




❷ 구름의 분류와 학명 및 명칭

| 높이(평균) | | 학명 | 명칭 |
|---|---|---|---|
| 상층운 | 13 km ~ 6 km | cirrus(Ci) | 권운(새털구름) |
| | | cirrocumulus(Cc) | 권적운(털쌘구름) |
| | | cirrostratus(Cs) | 권층운(털층구름) |
| 중층운 | 6 km ~ 2 km | altocumulus(Ac) | 고적운(높쌘구름) |
| | | altostratus(As) | 고층운(높층구름) |
| | | nimbostratus(Ns) | 난층운(비층구름) |
| 하층운 | 2 km ~ 지표 부근 | stratocumulus(Sc) | 층적운(층쌘구름) |
| | | stratus(St) | 층운(층구름) |
| 연직운 | 권운 ~ 지표 부근 | cumulus(Cu) | 적운(쌘구름) |
| | | cumulonimbus(Cb) | 적란운(쌘비구름) |

**강수 과정**

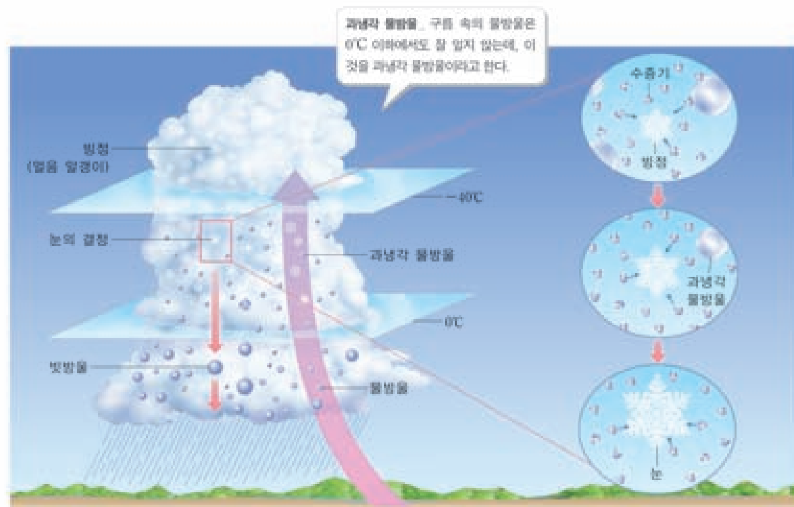
비나 눈은 구름으로부터 내리지만, 구름이 있다고 해서 반드시 비나 눈이 내리는 것은 아니다. 그 이유는 무엇일까?

구름이 있어도 비가 내리지 않는 것은 구름 입자가 너무 작아서 구름 입자가 공기의 상승 운동에 휩쓸려 올라가거나 내려오는 도중에 증발하여 지상까지 도달할 수 없기 때문이다. 오른쪽 그림에서 빗방울의 지름은 구름 입자의 100배 정도이므로, 많은 구름 입자가 뭉쳐져야 비나 눈이 되어 지상에 내릴 수 있다.

아래 그림과 같이 온대 지방이나 한대 지방에서는 구름의 아랫부분이 물방울로 이루어져 있고, 윗부분은 얼음 알갱이로 이루어져 있다. 또 온도가 −40°C에서 0°C 사이인 곳에서는 물방울과 얼음 알갱이가 섞여 있다. 여기에서 과냉각 물방울에서 증발한 수증기가 얼음 알갱이에 달라붙어 커지면 눈이 되어 지표로 떨어진다. 또 눈이 따뜻한 공기층을 지나면서 녹으면 비가 되어 떨어진다. 이러한 과정으로 비나 눈이 내린다는 이론을 **빙정설**이라고 한다.




❷ 그림 Ⅱ-32 빗방울의 크기 비교



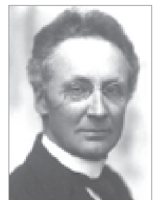

❷ 그림 Ⅱ-33 빙정설(온대 · 한대 지방)

2. 기권의 변화 149



❀ **비에르크네스**

(Bjerknes, V. ; 1862~1951)

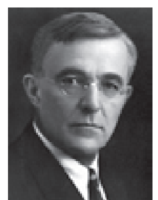


❷ 비에르크네스

노르웨이의 기상학자로서, 전선론을 창시하고, 이를 발전시켜 일기 예보의 기초를 확립하였다. 1808년 '유체 역학의 순환 정리'를 발견하여 기상학과 해양학에 응용하는 데 힘썼다. 1906년 기압의 단위로 mb를 제안하였다. 1905년 미국에 가서 연구를 계속하였으며, 1910년 "기상 역학 및 해양 역학"을 발행하였다.

❀ **베르예론**

(Bergeron, T. H. P. ; 1891~1977)



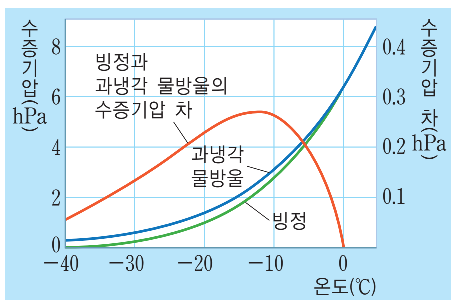
❷ 베르예론

스웨덴의 기상학자로서, 비에르크네스 부자와 협력하여 일기도의 분석법 및 일기 예보법에 크게 기여하였다. 1933년 리스본에서 열린 국제 측지 지구 물리 연맹(IUGG)의 총회에서 '극전선설'을 제창하여 뒷날 '구름의 물리학' 및 '인공 강우술'의 기초를 열었다.

## 관련 지식

❀ **빙정설**

(1) **포화 수증기압** 0°C 이하에서 빙정에 대한 포화 수증기압보다 과냉각 물방울에 대한 포화 수증기압이 더 크다.

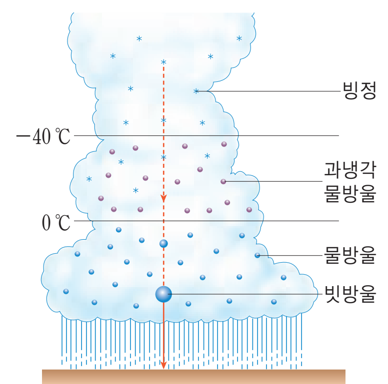



❷ 빙정과 과냉각 물방울의 수증기압

(2) **빙정의 성장과 낙하**

① 구름 속에 빙정과 과냉각 물방울이 함께 있으면 수증기는 빙정에 대하여 과포화 상태, 과냉각 물방울에 대하여 불포화 상태가 된다.

② 불포화 상태인 과냉각 물방울의 표면에서는 증발이 일어나 물방울의 크기가 점점 작아지고, 과포화 상태인 빙정의 표면에서는 수증기가 승화하여 빙정의 크기가 점점 커진다.




❷ 빙정설

③ 과냉각 물방울과 빙정의 포화 수증기압 차가 가장 큰 온도 −40~−10°C인 구름층에서 빙정의 성장이 가장 활발하다.

④ 성장한 빙정이 중력에 의해 그대로 낙하하면 눈이 내리고, 낙하 도중에 따뜻한 기층에서 녹으면 비가 되어 내린다.



### ❀ 최초의 인공 강우(미국)

1946년 미국 과학자 빈센트 셰퍼 박사가 매사추세츠 주의 바크셔 산맥 상공에서 실시하였다. 그는 안개로 가득 찬 냉장고에 드라이아이스 가루를 넣었을 때 얼음 결정이 생기는 현상을 발견하였으며, 수증기로 꽉 찬 구름에 드라이아이스를 뿌리면 인공 눈을 내리게 할 수 있을 것으로 생각했다. 예상은 적중했고, 미국은 세계 최초로 인공 강우 실험에 성공한 국가가 됐다. 현재 미국의 캘리포니아 주, 네바다 주 등에서는 대규모 인공 강설로 수자원을 확보하고 있으며, 자체 보유 항공기로 인공 강우 사업을 하는 기업이 생겨날 정도로 인공 강우가 일반화되어 있다.

### ❀ 세계 각국의 인공 강우 현황

세계 각국은 안정적인 수자원 확보를 위해 경쟁적으로 인공 강우 등 기상 조절 기술 개발에 나서고 있다. 미국 기상 연구 대학 연합(UCAR)의 조사에 따르면 2008년 현재 37개 국가가 150개 이상의 인공 강우, 인공 증설, 안개 소산, 우박 억제 연구를 진행하고 있다. 러시아는 1932년에 세계 최초로 인공 강우 연구소(IAR)를 설립하였으며, 매년 전승 기념일에 선보이는 '구름 소산(消散)' 행사로 유명하다. 중국은 전국 31개 성(省)에 인공 강우 센터를 설치하여 운영 중이다.

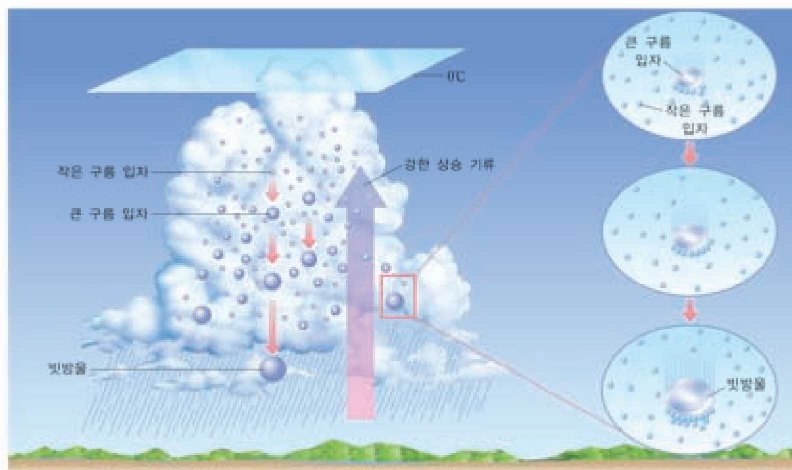
### ❀ 우리나라의 인공 강우 현황

우리나라는 1963년 동국 대학교 양인기 교수가 항공기와 드라이아이스로 인공 강우를 시도한 후, 후속 실험이 중단되었다가 1990년대 중반부터 기상청 주도로 실험이 이어졌다. 최근에 수도권 지역에서 처음으로 인공 강우 실험에 성공했다.




❷ 구름씨 뿌리기

열대 지방에서는 구름 전체의 온도가 0°C보다 높기 때문에 구름 속에 얼음 알갱이가 없고 다양한 크기의 물방울만으로 이루어져 있다. 이런 구름에서는 크고 작은 물방울이 부딪치면서 뭉쳐지고, 점점 커지면 빗방울이 되어 지표로 떨어진다. 이러한 과정으로 비가 내린다는 이론을 **병합설**이라고 한다.




❸ 그림 Ⅱ-34 병합설(열대 지방)

**과학 자료실** 인공 강우

드라이아이스, 아이오딘화 은, 염분 입자

잘못된 알갱이 주위에 미세한 물방울이 달라 붙음

주변의 찬 공기 때문에 얼음 알갱이 형성

무거워 떨어지면서 녹아 빗방울이 됨

인공 강우란 구름에 인공적인 영향을 주어 비가 내리게 하는 방법 또는 그러한 비를 말한다. 인공 강우는 구름층이 형성되어 있으나 대기 중에 응결핵이 적어 구름 방울이 빗방울로 성장하지 못할 때, 인위적으로 인공의 작은 입자인 '구름씨'를 뿌려 특정 지역에 강수를 유도하는 것이다. 인공의 구름씨로는 드라이아이스, 아이오딘화 은, 염분 입자를 이용한다.

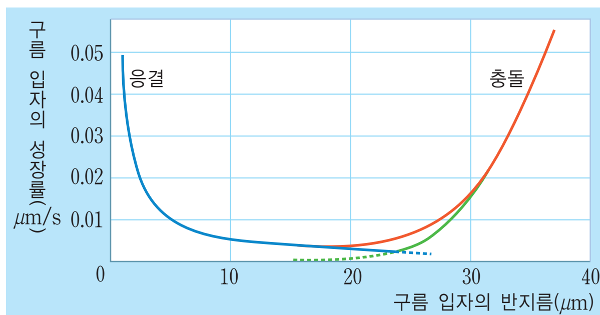
구름씨 뿌리기는 안개를 지울 때, 우박이 내리는 것을 막을 때, 태풍의 강도를 약화시키는 데에도 이용되고 있다.

150 Ⅱ. 기권과 우리 생활

**✚ 참고 자료** 구름 입자의 성장

(1) **구름 입자의 크기가 작을 때** 구름 입자의 크기가 약 18 $\mu$m보다 작으면 충돌보다 응결이 우세하며, 구름 입자의 크기가 작을수록 성장률이 크다.

(2) **구름 입자의 크기가 클 때** 구름 입자의 크기가 약 18 $\mu$m보다 크면 충돌이 응결보다 우세하며, 구름 입자의 크기가 클수록 성장률이 크다.



구름에서 비나 눈 등이 만들어져 지표로 떨어지는 현상을 **강수**라고 한다. 강수로 지표에 떨어진 물은 지하로 스며들기도 하고, 강을 따라 호수나 바다로 흘러들기도 한다. 호수나 바다, 강 등의 물은 증발하여 공기 중의 수증기가 되고, 이 수증기는 응결하여 구름이 되었다가 강수를 통해 다시 지표로 되돌아온다.

이와 같이 지구 상의 물은 지표와 대기 사이를 끊임없이 이동하고 있는데, 이러한 현상을 **물의 순환**이라고 한다. 물의 순환을 일으키는 에너지의 근원은 태양 복사 에너지이며, 물의 순환이 일어나는 과정에서 끊임없이 날씨 변화가 나타난다.

**강수** 하늘에서 비나 눈처럼 액체나 고체 상태의 물이 지표로 떨어지는 모든 것을 말한다.

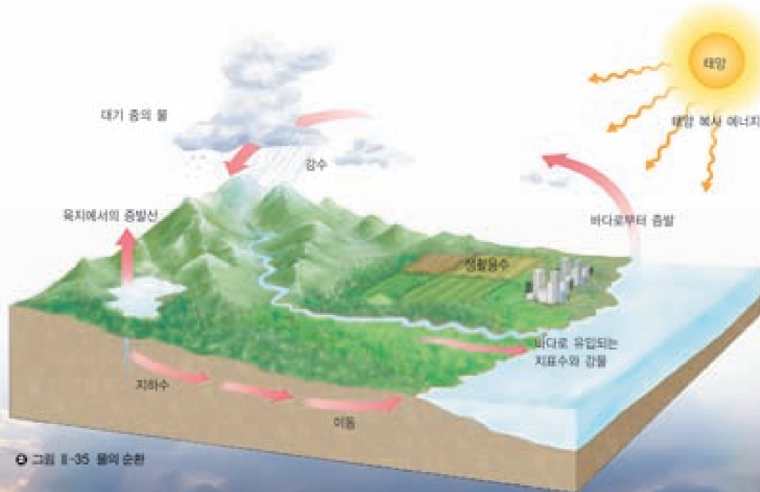



그림 Ⅱ-35 물의 순환

자기 주도 학습

개념 확인하기: 건습구 습도계에서 건구 온도와 습구 온도가 같다면 습도는 몇 %인가?

생활 속 문제 해결하기: 겨울철에 자동차 운행 중 유리가 뿌옇게 흐려져 앞을 보기 어려울 때 시야를 맑게 하려면 어떻게 해야 할까?

과학과 기술, 사회 연관 짓기: 구름은 있으나 비가 내리지 않을 때 비를 내리게 하는 것을 인공 강우라고 한다. 어떻게 하면 비를 내리게 할 수 있는지 조사해 보자.

2. 기권의 변화 151



## 역사 속의 과학

### 2011년 중부 지방의 집중 호우

북태평양 고기압의 따뜻하고 습한 공기가 건조한 공기와 충돌하면서 대기가 불안정해졌고, 사할린 섬 지역에 위치했던 저지 고기압이 정체되면서 2011년 7월 25일에 집중 호우가 내렸다. 이 집중 호우로 서울특별시 서초구 우면동과 강원도 춘천시 신북읍 등지에서는 많은 사상자가 발생하였다.

7월 27일, 서울 한강 이남 지역의 집중 호우는 오전 6시부터 9시까지 3시간 동안 이어졌다. 오전 6시부터 7시까지 시간당 36 mm, 7시부터 이후 1시간 동안에는 94 mm가 내렸으며, 서울의 동별로는 100 mm가 넘게 내린 곳도 있었다. 시간당 100 mm의 강우는 100년에 한두 번 있을까 말까 하는 수준의 '물폭탄'이다.

우면동 지역에는 오전 8~9시까지도 72 mm가 쏟아졌다. 이 때문에 서울 시내 한가운데에서 기록적인 산사태가 일어났다.



우면동 산사태 모습

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

건습구 습도계에서 건구와 습구 온도가 같다면 습구에서 증발이 일어나지 않으므로 공기는 수증기로 포화되어 있다. 수증기가 포화 상태일 때의 상대 습도는 100 %이다.

▶ 생활 속 문제 해결하기

겨울철에 자동차 유리의 실내 부분이 뿌옇게 되는 것은 수증기로 포화되어 응결이 일어나 물방울이 맺혔기 때문이다. 이를 제거하려면 히터를 가동하여 온도를 충분히 높이거나 에어컨을 켜서 습기를 제거하면 된다.



▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기

인공 강우란 구름층은 형성되어 있으나 대기 중에 응결핵 또는 빙정핵이 적어 구름 방울이 빗방울로 성장하지 못할 때 인위적으로 '구름씨(cloud seed)'를 뿌려 특정 지역에 강수를 유도하는 것이다. 즉, 과냉각 물방울로 이루어진 구름(어는점 이하의 온도에서 존재하는 물방울로 이루어진 구름)에 드라이아이스나 아이오딘화 은 등의 응결핵을 뿌리면 이것을 중심으로 빗방울이 생기는 현상을 이용하게 된다.

구름씨 뿌리기 방법에는 두 가지가 있다. 첫 번째는 응결핵을 뿌려 강수를 형성시키는 정적인 씨뿌리기이고, 두 번째는 응결핵들이 뭉친 큰 덩어리 상태로 뿌려 강수를 더욱 빠른 속도로 만들어지도록 하는 것이다.

한편, 병합 과정으로 비가 내리는 열대 지방의 경우는 물방울 자체를 구름 속에 뿌리는 것만으로도 비를 만들 수 있다.

# 2-2 기압과 바람

## | 학습 내용 안내 |

(1) 기압의 개념과 크기 및 단위를 안다.

(2) 기압계의 종류와 간단한 원리를 이해한다.

(3) 지표면의 가열 차이로 기압의 변화가 나타나고, 기압 차로 바람이 불게 됨을 안다.

(4) 풍향과 풍속의 개념을 알고, 바람에 의한 영향을 이해한다.

(5) 대기 대순환의 원인과 모습을 알고, 해수의 표층 순환과 관련지어 이해한다.

## | 학습 전개 |

기압의 정의와 단위를 알게 하고, 토리첼리의 실험을 통해 기압을 이해하도록 지도한다.



기압계의 종류와 높이에 따른 기압 변화를 알게 한다.



지표면의 가열 차이로 기압이 변하며, 기압 차로 인해 바람이 불게 됨을 이해하도록 지도한다.



대기 대순환의 원인과 모습을 알고, 해수의 표층 순환과 관련지어 이해하도록 지도한다.

**찾아보기**

- 기상청 블로그 생기발랄 http://blog.kma.go.kr
- 기상청 http://www.kma.go.kr
- 대기 과학 개론(1999), 한국 기상학회 저, 시그마프레스

Ⅱ. 기권과 우리 생활

# 2-2 기압과 바람

**학습 목표**

- 기압의 개념과 크기 및 단위에 대하여 말할 수 있다.
- 지표면의 가열 차이에 의한 기압의 변화로 바람이 불게 됨을 이해할 수 있다.
- 대기 대순환의 원인과 모습을 알고, 해양의 표층 순환과 관련지어 설명할 수 있다.

그림은 바람을 이용하여 전기를 생산하는 풍력 발전기의 모습이다. 바람이 부는 방향과 세기는 그때그때 다르다. 바람을 일으키는 힘의 근원은 무엇일까? 또 바람이 부는 방향과 바람의 세기가 달라지는 이유는 무엇일까?

지표면 부근의 공기는 시간과 장소에 따라 가열과 냉각을 되풀이한다. 이때 지표의 가열과 냉각으로 기온의 차이가 생기고, 이 때문에 바람이 분다. 큰 규모로 오랫동안 부는 바람은 바닷물을 이동시켜 해양에서 표층 해류를 일으키는 원인이 된다.

### 기압

지구를 둘러싸고 있는 대기의 두께는 약 1,000 km에 달한다. 대기권의 밑바닥에 살고 있는 우리는 대기가 누르는 힘을 받고 있는데, 이와 같은 대기의 무게에 의한 압력을 **기압**이라고 한다. 기압의 크기는 얼마나 될까?

물이 조금 담긴 알루미늄 깡통을 김이 날 때까지 가열한 후, 그림 (가)와 같이 깡통을 찬물이 담긴 수조에 거꾸로 담그면, 깡통이 식은 후 그 속의 수증기가 응결하면서 내부 압력이 줄어들어 그림 (나)와 같이 순식간에 깡통이 찌그러진다.

용어 **압력** 단위 면적에 작용하는 힘

그림 Ⅱ-36 깡통을 이용한 기압 실험



(가) (나)

152 Ⅱ. 기권과 우리 생활

## | 관련 지식 |

### ❀ 기압

(1) **기압** 단위 면적에 작용하는 공기 기둥의 무게에 의한 압력으로서, 공기의 밀도와 공기 기둥의 높이에 비례한다.

(2) **1기압** 1 hPa은 1 $m^2$의 단위 면적에 100 N의 힘이 작용할 때의 압력의 크기이다. 수은 기둥 76 cm의 압력과 같으며, 약 1,013 hPa에 해당한다.

$$1기압 = 수은\ 기둥\ 76\ cm의\ 압력 = 76\ cmHg$$
$$= 1{,}013 \times 100\ N/m^2 = 1{,}013\ hPa$$

(3) **기압의 변화** 기압은 공기의 밀도에 비례한다. 즉, 지표면 부근은 공기의 밀도가 높아 기압이 높고, 고도가 높아질수록 공기의 밀도가 작아 기압이 낮다.

(4) **해면 기압** 기압은 관측 지점의 온도, 해발 고도 등에 따라 그 값이 달라지므로, 기압을 비교하기 위해 관측한 기압을 높이가 0 m인 해면 상의 기압으로 보정한 기압을 해면 기압이라고 한다. 지상 일기도에는 기압을 해면 기압으로 나타낸다.



❹ 그림 Ⅱ-37 기압의 위력_ 10 km 정도의 높은 고도에서 비행하는 항공기의 실내 공기는 고도 약 2,400 m에서의 기압으로 조정되며, 높은 고도에서 비행기 내부는 외부보다 기압이 훨씬 높으므로 여객기의 동체는 팽창하려는 힘에 견딜 수 있게 설계한다.

기압은 깡통을 찌그러뜨릴 만큼 큰 힘으로 모든 방향에서 작용한다. 이와 같은 큰 힘을 우리가 느끼지 못하는 것은 몸 내부의 압력이 기압과 같아서 느끼지 못할 뿐이다.

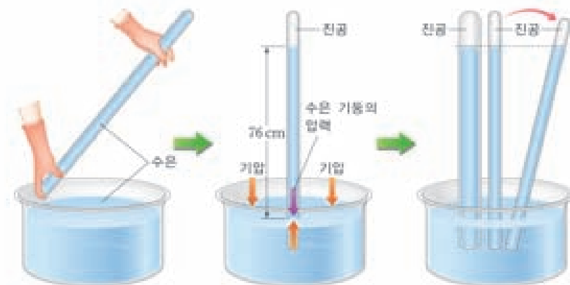
기압의 크기를 최초로 측정한 사람은 이탈리아의 토리첼리이다. 그는 한쪽 끝이 막힌 길이 1 m 정도의 유리관에 수은을 가득 채우고, 다음 그림과 같이 수은이 담긴 그릇에 거꾸로 세워 보았다. 이때 유리관 속의 수은이 내려가 그릇의 수은면으로부터 76 cm 높이에서 멈추었다. 그 이유는 그릇의 수은면을 누르는 대기의 압력과 유리관 속의 수은 기둥이 누르는 압력이 같아졌기 때문이다.

높이 76 cm인 수은 기둥이 누르는 압력에 해당하는 대기의 압력을 **1기압**이라고 한다. 기압의 단위는 주로 헥토파스칼(hPa)을 쓰는데, 1기압은 약 1,013 hPa에 해당한다.

**1기압**
지표면의 평균 기압에 가까운 값으로서, 1 $cm^2$의 면적에 질량이 1 kg인 물체가 누르는 압력과 같다.

**1 hPa**
1 $m^2$의 넓이에 1 N의 힘이 작용하는 압력의 크기가 1 Pa이며, 1 hPa은 100 Pa이다.

| 1기압 = 76 cmHg = 1,013 hPa |
|---|




❹ 그림 Ⅱ-38 토리첼리 실험_ 유리관을 기울이거나 굵은 유리관을 사용해도 수은 기둥의 높이는 변하지 않는다.

**잠깐 체크** 토리첼리 실험에서 유리관 끝의 진공 상태인 부분에 아주 작은 구멍을 뚫으면 어떤 변화가 나타날까?

2. 기권의 변화 153

**잠깐 체크**

토리첼리 실험에서 유리관의 진공 상태인 곳에 작은 구멍을 뚫으면 이 구멍을 통해 공기가 스며들게 되어 공기의 무게가 작용하므로 수은 기둥이 유지되지 못한다. 따라서 수은이 모두 흘러내리고 유리관에는 공기로 가득 차게 된다.

## 관련 지식

### ❀ 기압의 단위

(1) **$N/m^2$** 기압을 나타내는 일반적인 단위로서, 1 N의 크기는 질량이 약 0.1 kg인 물체를 손으로 들고 있을 때 손이 물체를 받치는 힘과 같다. 1기압은 101,325 $N/m^2$에 해당한다.

(2) **mb** 1기압은 101,325 $N/m^2$에 해당하여 이를 간단히 나타내기 위하여 미국 국립 기상청에서는 100 $N/m^2$에 해당하는 mb를 사용하였다. 따라서 1기압은 약 1013 mb이다.

(3) **hPa** 표준 단위계(SI)에서 기압의 표준 단위는 1 $N/m^2$에 해당하는 Pa(파스칼)이다. 100 Pa=1 hPa이므로, 1기압은 약 1,013 hPa이다.

## ✚참고 자료 높이 나는 여객기의 내부 기압

여객기의 비행 고도는 낮게는 6 km이고, 높게는 13 km이다. 에베레스트 산 정상의 높이가 8,850 m 정도인 것을 생각하면 비행 고도는 굉장히 높다.

10 km 상공의 기압은 0.25기압 정도이며, 산소는 지상의 절반도 되지 않는다. 온도도 −60℃ 정도의 매우 낮은 상태이기 때문에 그대로 노출된다면 사람은 살기 어렵다.

따라서 높은 고공에서도 사람이 숨을 쉬고 살 수 있도록 여객기 내부는 계속 공기를 채워 주고, 온도와 습도를 조절해 주어야 한다. 그러나 그것도 한계가 있어 여객기 내부의 기압은 지상의 0.7배 정도로 채운다.

만약 지상과 동일한 1기압으로 공기를 채우려고 하면 상공의 기압에 비해 여객기 내부의 기압이 매우 높아진다. 따라서 주변 공기보다 높은 기압을 가진 여객기 내부의 공기는 외부로 빠져 나가려고 여객기 구조물에 큰 힘을 가하게 되어 구조물이 견디지 못하고 터져 버리게 된다. 풍선에 바람을 있는 대로 불어 넣으면 터지는 것과 같은 원리이다.

여객기의 구조물을 매우 튼튼하게 만들면 이러한 현상을 막을 수는 있다. 그러나 무게가 너무 무거워서 여객기는 뜰 수 없거나, 여객기가 뜬다고 해도 먼 거리를 비행할 수 없을 정도로 연료 효율이 나쁘게 된다.

이와 같은 이유로 여객기의 내부 기압은 0.7기압 정도를 유지한다. 0.7기압은 2,400 m 높이의 산을 올랐을 때와 비슷하게 낮은 기압이지만, 최소한 사람이 여행하는 데에는 지장이 없도록 하는 정도의 기압이다.



학습 자료실

### ❀ 비행할 때 귀가 아픈 이유

여객기는 내부의 기압 변화가 거의 없도록 설계되었지만, 약간의 기압 변화가 발생한다. 기압 차가 생기면 귀가 멍멍해지거나 통증이 나타날 수 있다. 그러나 귀 내부에 있는 유스타키오관은 귀와 목을 연결해 주며, 귀 내부의 기압을 외부의 기압과 같게 유지시키기 때문에 시간이 지나면 귀의 통증이 사라진다.

### ❀ 항공기의 여압 시스템

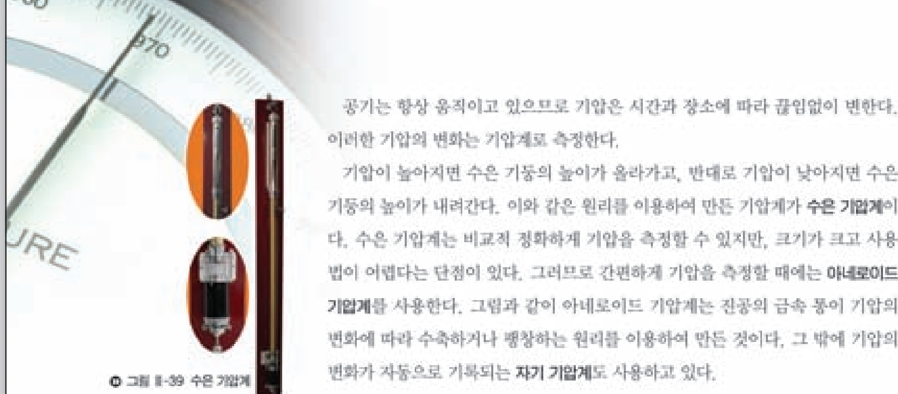
장거리 항공기가 순항 고도인 8,000 m에서 13,000 m 범위를 날고 있다면 비상구는 절대로 열리지 않는다. 이것은 항공기의 비행 고도에 따라 외부 기압과 기내 기압이 차이가 생기기 때문이다. 항공기는 300 m 상승할 때마다 외부 기압이 약 3 %씩 떨어져 약 3,000 m 상공에서부터는 산소가 부족해 승객들이 호흡이 곤란해지고 의식을 잃을 수 있다. 이와 같은 사태를 방지하기 위해 항공기는 15,000 m까지 올라가도 기내에 편안한 압력을 유지시켜 주는 여압 시스템을 갖추고 있다.

### ❀ 수은의 독성에도 불구하고 기압계에 수은을 계속 사용하는 이유

수은 중독은 매우 위험하다. 그럼에도 불구하고 기압계에 수은을 계속 사용하는 이유는 기압계의 수은이 밀폐 용기에 들어 있어서 새어 나올 가능성이 매우 희박하기 때문이다. 기압계를 수은 대신 물로 만들면, 물은 수은보다 약 13.6배나 가볍기 때문에 물 기둥으로 1기압을 나타내려면 수은 기둥보다 약 13.6배 높아야 한다. 따라서 물로 기압계를 만들면 물 기둥의 높이는 약 10.34 m가 된다.

**효과적인 운영을 위한 Tip**

우리 생활 속에서 압력과 압력의 변화를 이용한 현상이나 기기를 예로 들어 설명하여 학생들의 호기심을 유발하고 쉽게 이해할 수 있도록 지도한다.



공기는 항상 움직이고 있으므로 기압은 시간과 장소에 따라 끊임없이 변한다. 이러한 기압의 변화는 기압계로 측정한다.

기압이 높아지면 수은 기둥의 높이가 올라가고, 반대로 기압이 낮아지면 수은 기둥의 높이가 내려간다. 이와 같은 원리를 이용하여 만든 기압계가 **수은 기압계**이다. 수은 기압계는 비교적 정확하게 기압을 측정할 수 있지만, 크기가 크고 사용법이 어렵다는 단점이 있다. 그러므로 간편하게 기압을 측정할 때에는 **아네로이드 기압계**를 사용한다. 그림과 같이 아네로이드 기압계는 진공의 금속 통이 기압의 변화에 따라 수축하거나 팽창하는 원리를 이용하여 만든 것이다. 그 밖에 기압의 변화가 자동으로 기록되는 **자기 기압계**도 사용하고 있다.



❍ 그림 Ⅱ-39 수은 기압계

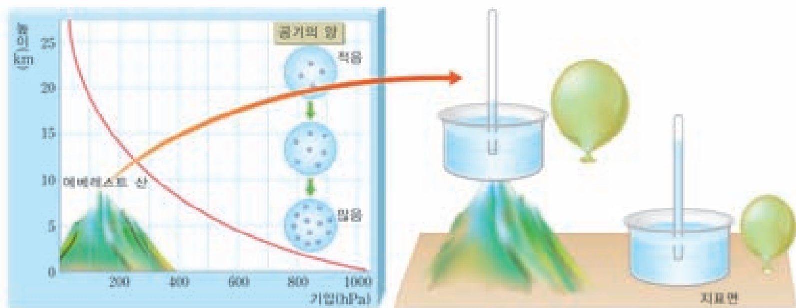



❍ 그림 Ⅱ-40 아네로이드 기압계와 원리



❍ 그림 Ⅱ-41 자기 기압계

그림 Ⅲ-42는 높이에 따른 기압의 변화를 나타낸 것이다. 높은 산에 올라가면 지표면과의 높이 차에 해당하는 공기의 무게만큼 기압이 작아진다. 따라서 높은 산에서 토리첼리의 실험을 하면 지표면에서보다 수은 기둥의 높이가 낮게 나타나며, 산에서 입구를 막은 풍선을 가져가면 부피가 크게 부풀어 오른다.




❍ 그림 Ⅱ-42 높이에 따른 기압의 변화

154 Ⅱ. 기권과 우리 생활

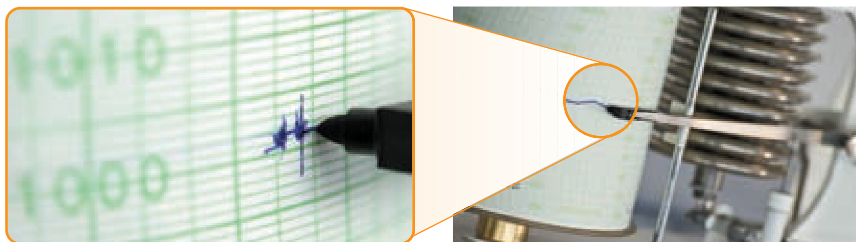
## | 관련 지식 |

### ❀ 기압계의 종류

(1) **수은 기압계** 토리첼리가 고안한 기압계로서, 정확한 기압 측정이 가능하며, 현재도 표준 기압계로 사용되고 있다.

(2) **아네로이드 기압계** 기압의 크기에 따른 진공 금속 상자의 수축과 팽창의 원리를 이용하였으며, 휴대가 간편하고 사용법이 간단하다.

(3) **자기 기압계** 아네로이드 기압계를 응용하여 기압을 연속적으로 측정하여 기록하는 기압계이며, 회전 원통으로 기압을 기록한다.

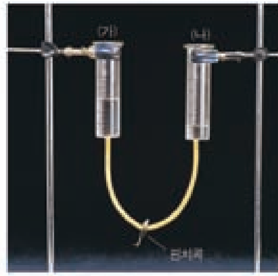


❍ 자기 기압계

## 바람

국기 게양대에서 펄럭이는 태극기를 보면 바람의 방향과 세기가 끊임없이 변하고 있음을 알 수 있다. 또 바닷가에 가 보면 낮에 부는 바람과 밤에 부는 바람의 방향이 반대일 때가 있다. 바람이 부는 이유는 무엇일까?

그림 Ⅲ-43과 같이 피스톤을 빼낸 두 개의 주사기 (가)와 (나)를 고무관으로 연결하고 가운데를 핀치콕으로 막은 후, 양쪽 주사기에 물의 양을 다르게 하여 넣었다. 핀치콕을 열어 물의 움직임을 관찰하면, 물기둥의 높이가 높은 (가)에서 물기둥의 높이가 낮은 (나)로 물이 이동하는 것을 볼 수 있다.



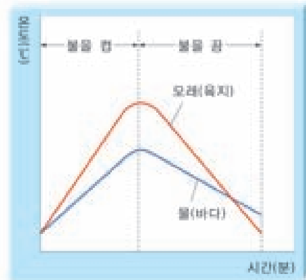
❸ 그림 Ⅲ-43 바람이 부는 원리

물은 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르는 것처럼 공기도 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하는데, 이와 같은 공기의 이동이 **바람**이다. 즉, 바람은 두 지역 사이의 기압 차가 생길 때 불며, 기압 차가 클수록 풍속이 크다. 기압 차에 의해 바람이 부는 원리를 알아보자.

**해 보기** 바다와 육지 중 어디에서 온도 변화가 클까? 자료 해석

그림과 같이 두 개의 그릇에 각각 모래와 물을 담고 온도계를 설치한 다음, 전등을 비춘 상태와 끈 상태에서 5분 간격으로 온도를 측정한 결과가 그래프와 같았다.






|결과 및 해석|

1. 전등을 비출 때와 전등을 끈 상태에서 물과 모래 중 온도 변화는 어느 쪽이 크게 나타나는가?
2. 육지와 바다의 가열 · 냉각되는 정도가 다른 이유는 무엇일까?

2. 기권의 변화 155



### 학습 자료실

❀ **온도와 수증기가 기압에 미치는 영향**

(1) **온도가 기압에 미치는 영향** 물질의 분자 운동 속도는 온도가 높을수록 크다. 공기의 온도가 낮으면 온도가 높을 때보다 분자 운동이 느려져 분자 간의 거리가 가까워진다. 따라서 온도가 낮을 때에는 공기의 밀도가 커서 기압이 높고, 반대로 온도가 높을 때에는 공기의 밀도가 작아서 기압이 낮다.

(2) **수증기가 기압에 미치는 영향** 수증기는 공기의 밀도를 감소시키므로, 다른 조건이 같을 때 습한 공기는 건조한 공기보다 기압이 낮다.



**해 보기** 자료 해석

|결과 및 해석|

1. 전등을 비출 때 모래가 물보다 온도가 많이 올라가고, 전등을 껐을 때 모래가 물보다 온도가 많이 내려가는 것은 모래가 물보다 비열이 작기 때문이다.
2. 해안가에서 육지는 바다보다 비열이 작아서 온도 변화가 크다.




### 과학 돋보기

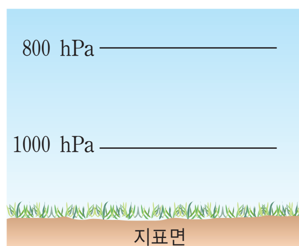
❀ **열적 순환**

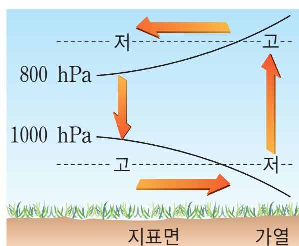
지표면의 불균등 가열로 온도 차가 생기면 공기의 밀도가 달라지면서 기압 차이가 발생하여 열적 순환이 일어난다.

(1) **상대적으로 가열되는 곳** 공기 팽창 → 등압면의 간격이 넓어진다.

(2) **상대적으로 냉각되는 곳** 공기 수축 → 등압면의 간격이 좁아진다.

(3) **열대류 운동** 지상은 찬 곳에서 더운 곳으로, 상공은 더운 곳에서 찬 곳으로 이동한다.




❸ 열대류 운동의 과정

### 심화 학습 바람이 불 때 공기에 작용하는 힘

(1) **기압 경도력** 두 지점 사이의 기압 차에 의해 생기며, 바람을 일으키는 근원적인 힘이다.

① **기압 경도력의 방향:** 고기압에서 저기압 쪽으로 등압선에 직각 방향으로 작용한다.

② **기압 경도력의 크기:** 두 지점 사이의 기압 차에 비례하고, 두 지점 사이의 거리에 반비례한다.

(2) **전향력(Coriolis force)** 지구 자전에 의해 나타나는 가상의 힘, 즉 겉보기 힘이다.

① **전향력의 방향:** 전향력은 북반구에서는 물체의 운동 방향에 대하여 오른쪽 직각 방향으로 작용하고, 남반구에서는 운동 방향에 대하여 왼쪽 직각 방향으로 작용한다.

② **전향력이 작용하지 않는 경우:** 정지해 있거나 적도 상에 있는 물체에는 전향력이 작용하지 않는다.

**잠깐 체크**

맑은 날은 육지와 바다의 온도 차가 커서 기압 차가 크게 나타나기 때문에 맑은 날 해륙풍이 더 세게 분다.

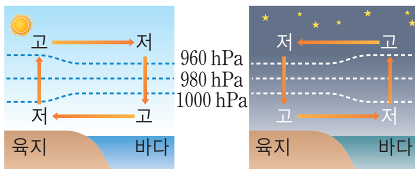
## 관련 지식

### ❀ 해륙풍과 산곡풍

(1) **해륙풍**  바다와 육지의 가열과 냉각 차이에 의해 부는 바람이다.

① **해풍**: 낮에는 육지가 바다보다 온도가 높다. → 바다(고기압)에서 육지(저기압)로 바람이 분다.

② **육풍**: 밤에는 바다가 육지보다 온도가 높다. → 육지(고기압)에서 바다(저기압)로 바람이 분다.

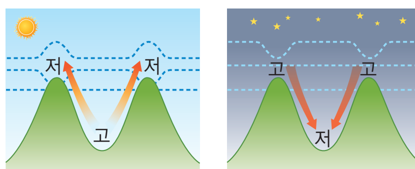



❹ 해풍(낮)  ❹ 육풍(밤)

(2) **산곡풍**  산봉우리와 산골짜기의 가열과 냉각 차이에 의해 부는 바람이다.

① **곡풍(골바람)**: 낮에는 산 사면이나 정상이 먼저 가열되어 온도가 상승하므로 골짜기에서 산 정상으로 곡풍(골바람)이 불어 올라간다.

② **산풍(산바람)**: 밤에는 산 정상이나 사면의 공기가 먼저 냉각되어 산 위에서 골짜기로 산풍(산바람)이 불어 내려온다.




❹ 곡풍(낮)  ❹ 산풍(밤)

### ❀ 토네이도

적란운 밑에서 깔때기 모양의 구름이 만들어지면서 발생하는 거대한 회오리바람이다. 일반적으로 지름은 200 m 정도이고, 풍속은 100~200 m/s 정도이며, 중심 기압이 매우 낮아 상승 기류가 강하다.

해안에서 낮에는 열용량이 작은 육지가 열용량이 큰 바다보다 더 빨리 가열된다. 그러므로 육지 위의 공기는 가벼워져 상승하여 기압이 낮아지고, 바다 위의 공기는 주변보다 무거워져 하강하므로 기압이 높아진다. 따라서 낮에는 바다 쪽에서 육지 쪽으로 **해풍**이 분다.

낮과는 달리 밤에는 육지가 바다보다 더 빨리 냉각된다. 그러므로 육지 위의 공기는 기압이 높아지고, 바다 위의 공기는 기압이 낮아진다. 따라서 밤에는 육지 쪽에서 바다 쪽으로 **육풍**이 분다.

용어 **해륙풍**
맑은 날 해안에서 낮에 부는 해풍과 밤에 부는 육풍이 번갈아 나타나는 것을 말한다.




❹ 그림 Ⅱ-44 해풍




❹ 그림 Ⅱ-45 육풍

**잠깐 체크** 맑은 날과 흐린 날 중 해륙풍이 더 세게 불 것으로 예상되는 날은 언제인가?

우리나라처럼 대륙과 해양 사이에 위치한 지역에서는 계절에 따라 바람의 방향이 바뀌는 **계절풍**이 분다. 계절풍이 부는 원리는 해륙풍과 비슷하다. 여름철에는 해양보다 대륙의 온도가 더 빨리 올라가고, 겨울철에는 해양보다 대륙의 온도가 더 빨리 내려간다. 따라서 여름철에는 대륙보다 해양의 기압이 높으므로 해양에서 대륙 쪽으로 바람이 불고, 겨울철에는 해양보다 대륙의 기압이 높으므로 대륙에서 해양 쪽으로 바람이 분다. 그림 Ⅱ-46과 같이 우리나라에서는 여름철에는 해양에서 대륙 쪽으로 남서 혹은 **남동 계절풍**이 불고, 겨울철에는 대륙에서 해양 쪽으로 **북서 계절풍**이 분다.

용어 **계절풍과 기후**
계절풍이 부는 지역에서는 계절에 따라 기온, 습도, 강수량 등의 변화 폭이 크다.




❹ 그림 Ⅱ-46 여름철_남동 계절풍




❹ 그림 Ⅱ-47 겨울철_북서 계절풍

156 Ⅱ. 기권과 우리 생활

## 심화 학습 마찰력과 바람

(1) **마찰력과 바람**  마찰력은 공기의 운동 방향과 반대 방향으로 작용하여 풍속을 감소시킨다. 또한 마찰력은 지표면의 요철이 심할수록 크며, 지표면에서 가장 크고, 높이 올라갈수록 감소한다.

(2) **마찰층과 자유 대기**  지표에서 높이 약 1 km까지를 마찰층(대기 경계층)이라고 하며, 높이 1 km 이상의 마찰을 무시할 수 있는 상공을 자유 대기라고 한다.

(3) **지균풍과 지상풍**

① **지균풍**: 마찰이 없는 1 km 이상의 상공에서 등압선이 평행할 때 등압선에 나란히 부는 바람이다.

② **지상풍**: 지표면과의 마찰로 풍속이 약해지고, 지균풍보다 풍속이 약해 전향력이 작아지므로 등압선에 기울어져 불게 된다. 지상풍은 상공으로 갈수록 마찰력이 감소하여 풍속이 증가하므로 전향력이 커져서 바람과 등압선이 이루는 각도가 감소한다. 고도 1 km에 이르면 마찰을 무시할 수 있으므로 등압선에 나란히 지균풍이 불게 된다.

바람은 공기가 움직이는 방향과 속력으로 나타내는데, 바람의 방향을 **풍향**이라 하고, 바람의 속력을 **풍속**이라고 한다. 풍향은 바람이 불어오는 방향이며, 보통 16방위로 나타낸다. 풍속은 1초 동안에 공기가 이동한 평균 거리로서, 단위는 m/s이다.

**풍향과 풍속** 풍향과 풍속은 끊임없이 변한다. 따라서 풍향과 풍속은 10분 동안 측정한 값을 평균하여 나타낸다.



그림 Ⅱ-48 16방위



그림 Ⅱ-49 풍향·풍속계

풍향은 풍향계로 측정하고, 풍속은 풍속계로 측정한다. 요즈음에는 풍향과 풍속을 함께 측정할 수 있는 풍향·풍속계를 많이 사용하는데, 프로펠러가 가리키는 방향이 풍향이고, 프로펠러의 회전수로 풍속을 측정한다.

적당한 바람은 사람들에게 상쾌한 느낌을 주지만, 강한 바람은 가로수를 쓰러뜨리고 건물이나 구조물을 파괴하며, 큰 파도를 일으켜 해일을 일으키거나 해상 교통을 마비시키는 등 많은 피해를 준다. 그러나 바람을 잘 활용하면 매우 유용한 자원이 될 수 있다. 우리는 바람을 이용하여 여가 활동을 즐기기도 하고, 풍력 발전으로 전기를 생산하기도 한다.

그림 Ⅱ-50 바람의 피해와 이용

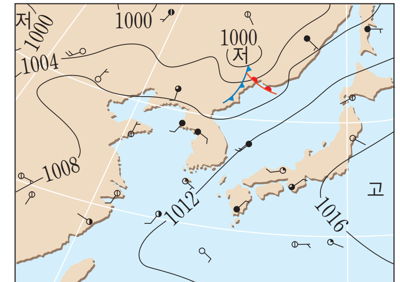


2. 기권의 변화 157

## 관련 지식

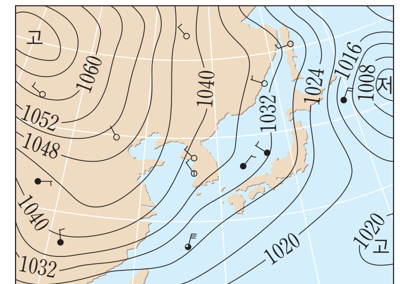
### 우리나라의 계절풍과 날씨

(1) **여름철** 등압선의 간격이 넓어서 남동 계절풍이 약하게 불고, 고온 다습한 북태평양으로부터 많은 양의 수증기가 공급되어 고온 다습하다(무더위, 호우).




여름철의 일기도

(2) **겨울철** 등압선의 간격이 좁아서 북서 계절풍이 강하게 불고, 한랭 건조한 시베리아 대륙으로부터 건조한 공기가 유입되어 한랭 건조하다(한파, 폭설).




겨울철의 일기도






### 보퍼트의 풍력 계급

| 계급 | 명칭 | 풍속(km/h) | 지상 상태 |
|---|---|---|---|
| 0 | 고요(calm) | 0～2 | 연기가 수직으로 올라감 |
| 1 | 실바람(light air) | 3～6 | 풍향은 연기 날림으로 알 수 있으나, 풍향계에는 감지되지 않음 |
| 2 | 남실바람(slight breeze) | 7～11 | 얼굴로 바람을 느낌, 나뭇잎이 흔들림, 바람에 의해 풍향계가 움직임, 깃발이 흔들림 |
| 3 | 산들바람(gentle breeze) | 12～19 | 나뭇잎과 나무의 가는 가지가 움직임, 깃발이 가볍게 날림 |
| 4 | 건들바람(moderate breeze) | 20～29 | 먼지가 일고 종잇조각이 날림, 작은 가지가 움직임, 깃발이 나부낌 |
| 5 | 흔들바람(fresh breeze) | 30～39 | 잎을 가진 나뭇가지가 흔들리기 시작함, 깃발이 잔잔하게 물결침 |
| 6 | 된바람(strong breeze) | 40～50 | 큰 나뭇가지가 흔들림, 전선에서 바람 소리가 남 |
| 7 | 센바람(high wind) | 51～61 | 나무 전체가 흔들림, 바람을 거슬러 걷기가 힘듦, 깃발이 펄럭임 |
| 8 | 큰바람(gale) | 62～74 | 나뭇가지가 꺾임, 걷기가 힘듦 |
| 9 | 큰센바람(strong gale) | 75～87 | 구조물에 다소 파손이 일어남, 신호등과 안테나가 꺼짐 |
| 10 | 노대바람(whole gale) | 88～101 | 나무뿌리가 뽑힘, 심한 파손이 일어남 |
| 11 | 왕바람(storm) | 102～119 | 넓은 범위에 걸쳐 파손이 일어남 |
| 12 | 싹쓸바람(hurricane) | 120 이상 | 대규모의 파손이 일어남 |




### ❀ 해들리(Hadley, G. ; 1685~1768)

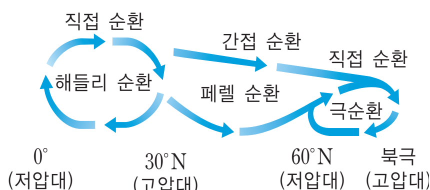
무역풍 및 이와 연관된 자오면 순환 양상인 해들리 세포를 기술하는 정확한 이론을 처음으로 체계화하였다. 그는 런던 왕립 학회에서 7년 이상 기상 관측 자료를 준비하는 일을 하였고, 무역풍에 관해 최초로 연구하였다. 지구 자전과 무역풍의 관련성에 대하여 설명하고 대기 운동과 그 원인에 대해 연구하였다. 그는 자신의 생각을 1735년 "일반적인 무역풍의 원인에 관하여"라는 논문에 제시했다.



❷ 해들리 순환 모형

### ❀ 직접 순환과 간접 순환

세 가지 순환 세포 중 해들리 순환과 극순환은 저압대에서 가열되어 상승한 공기가 고압대에서 냉각되어 하강하는 열대류에 의해 발생한 것이므로 직접 순환이라고 부른다. 반면에, 페렐 순환은 열대류에 의해 발생한 것이 아니라 해들리 순환과 극순환에 의해 역학적으로 발생한 순환이므로 간접 순환이라고 부른다.




❷ 직접 순환과 간접 순환

**잠깐 체크**

적도 근처의 따뜻한 공기가 상승하여 고층에서 극 쪽으로 흐르고, 고위도에서 냉각되어 무거운 공기는 하강하여 하층에서 적도를 향해 흐른다. 하강한 공기는 적도 근처에서 다시 데워져 상승한다. 구름은 상승하는 공기가 팽창할 때 생성되므로 적도 부근에서 구름이 잘 만들어진다.




❷ 그림 Ⅲ-51 사하라 사막과 아마존 밀림의 위치

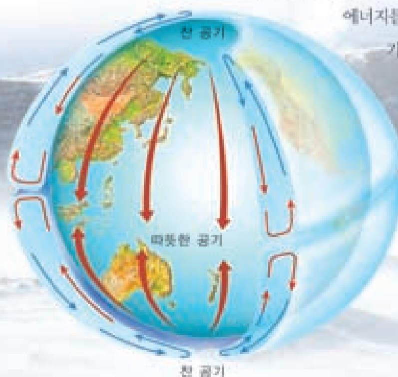
**대기 대순환**

세계 지도를 보면 위도 30° 부근에는 사하라 사막과 같이 큰 사막이 분포하고, 적도 부근에는 아마존 밀림과 같은 숲이 분포한다. 또 중위도 지방에서는 서풍이 많이 불고, 열대 지방에서는 동풍이 자주 분다. 이와 같이 위도에 따라 기후와 풍향이 다른 이유는 무엇일까?

방 안에 난로를 켜고 어느 정도 시간이 지나면 방 전체가 따뜻해진다. 그 이유는 난로 근처의 가열된 공기가 대류를 일으켜 방 안 전체를 순환하기 때문이다. 지구에서는 공기가 어떻게 순환할까?

적도 지방은 태양 복사 에너지를 많이 받으므로 기온이 높고, 극지방은 태양 복사 에너지를 적게 받으므로 기온이 낮다. 따라서 적도 지방의 따뜻한 공기와 극지방의 찬 공기 사이에는 대류에 의한 순환이 일어난다.

지구가 자전하지 않는다면 그림 Ⅲ-52와 같이 적도 지방에서 상승한 따뜻한 공기가 상공에서 극지방으로 이동하고, 극지방에서 하강한 찬 공기가 지상에서 적도 지방으로 돌아오는 순환이 일어날 것이다. 이 경우 북반구의 지상에서는 북풍만 불고, 남반구의 지상에서는 남풍만 불게 된다.




❷ 그림 Ⅲ-52 지구가 자전을 하지 않을 경우의 대기 순환

**잠깐 체크** 자전하지 않는 지구에서 대기 대순환이 일어난다면 구름이 잘 만들어지는 곳은 어디일까?

158 Ⅲ. 기권과 우리 생활

## 심화 학습 대기 대순환

(1) **대기 대순환의 원인** 지구는 전체적으로 복사 평형 상태를 유지하고 있으므로 평균 온도가 일정하게 유지된다. 그러나 위도별 에너지 분포를 보면 고위도 지방에서는 에너지 부족 현상이, 저위도 지방에서는 에너지 과잉 현상이 나타난다. 이러한 에너지의 불균형을 해소하기 위하여 저위도 지방의 에너지가 고위도 지방으로 이동하는 대기와 해수의 대순환이 일어난다.

(2) **대기 대순환의 구성**

① **평균 자오면 순환:** 대기 대순환의 남북 성분과 연직 성분을 위도에 따라 평균한 것이다. 예 해들리 순환, 페렐 순환

② **대상류:** 대기 대순환의 동서 성분을 위도에 따라 평균한 것으로서, 저위도 지방에는 동풍이 약하지만 두껍게 나타나고, 고위도 지방은 하층에서 동풍이 불고 상층에서는 서풍이 분다. 예 무역풍, 편서풍, 극동풍

③ **요란:** 고기압, 저기압, 태풍과 같은 소용돌이로서, 대상류에 요란이 섞이면 파동이 만들어진다.

그러나 대기 대순환은 적도와 극 사이에 하나의 커다란 순환으로 이루어진 것이 아니라, 지구 자전 등의 영향으로 세 개의 순환으로 나뉘어져 있다. 즉, 적도 부근의 공기는 상승하여 고위도 쪽으로 이동하다가 위도 30° 부근에서 하강하여 적도 지방으로 돌아오고, 하강한 공기의 일부는 고위도로 이동하여 위도 60° 부근에서 극에서 이동해 온 공기와 마주쳐 상승한다. 또 극 부근의 공기는 하강하여 저위도 쪽으로 이동하다가 위도 60° 부근에서 상승한다. 그 결과 적도에서 위도 30° 사이에서는 무역풍이 불고, 위도 30°에서 60° 사이에서는 편서풍이 불며, 위도 60°에서 극 사이에서는 극동풍이 분다. 이때 북반구와 남반구의 대기 대순환은 적도를 경계로 대칭을 이룬다.

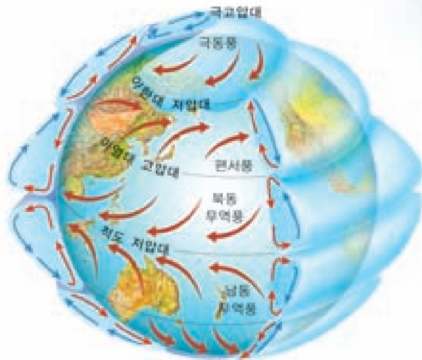



그림 Ⅱ-53 자전하는 지구에서의 대기 순환

**무역풍** 범선으로 물품을 수송하여 무역 거래를 하던 시절에 많이 이용한 바람이다.

**고압대와 저압대** 대기 대순환으로 지상에서 공기가 수렴하여 상승하는 곳은 저압대, 상공에서 지상으로 하강하는 곳은 고압대가 된다.

그림 Ⅱ-54 적도 저압대와 아한대 저압대의 구름 분포




중위도 지방은 공기가 하강하는 곳으로서, 기압이 높게 나타난다. 따라서 위도 30° 부근에는 **아열대 고압대**가 형성되어 맑고 건조하므로 사막이 많이 분포한다. 반면에, 적도 지방은 공기가 상승하는 곳으로서, 기압이 낮게 나타난다. 따라서 적도 지방에는 **적도 저압대**가 형성되어 구름이 발달하고 많은 비가 내려 열대 우림을 이룬다.

잠깐 체크 대기 대순환이 하나의 커다란 순환이 아니고 세 개의 순환인 이유는 무엇일까?

## 학습 자료실

### 제트류

편서풍 파동의 풍속은 상층으로 갈수록 증가하여 대류권 계면 부근에서 가장 크게 나타난다. 편서풍 파동의 가장 빠른 흐름의 축을 제트류라고 한다. 제2차 세계 대전 때 항공기 조종사들에 의해 처음 발견되었다.

(1) **제트류의 종류** 제트류는 찬 공기와 따뜻한 공기가 만나 남북 간의 온도 차가 큰 곳에 나타난다. 따라서 해들리 순환과 페렐 순환이 만나는 곳에 아열대 제트류가 나타나고, 한대 전선대 상공에 한대 전선 제트류가 나타난다.

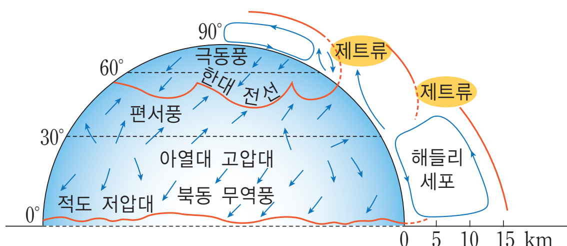
(2) **제트류의 변화** 제트류는 여름철에 북상하고 겨울철에 남하한다. 제트류는 남북 간의 기온 차가 큰 겨울철에 강하고, 대륙과 해양이 만나는 해안선 부근에서 강하다.

### 잠깐 체크

대기 대순환이 세 개의 순환으로 나뉘는 것은 지구가 자전하기 때문이다. 지구가 자전하므로 바람이 북반구에서는 오른쪽으로 휘어지고, 남반구에서는 왼쪽으로 휘어진다.

## 참고 자료 대기 대순환의 모습

(1) **해들리 세포** 적도 근처의 따뜻한 공기는 상승하여 고층에서 극 쪽으로 흐르고, 냉각되어 무거운 공기는 하강하여 하층에서 적도를 향해 흐른다. 하강한 공기는 적도 근처에서 다시 데워져 상승한다. 해들리는 무역풍을 설명하기 위해 이 모델을 고안했지만, 운동 방향을 옆으로 편향시켜 남북 순환을 복잡하게 만드는 지구 자전에 의한 효과(전향력)를 무시했다.




(2) **페렐 세포** 1856년에 페렐이 제안했다. 지표 근처에서는 공기가 극과 동쪽을 향해 흐르고, 더 높은 고도에서는 적도와 서쪽을 향해 흐른다고 하였다. 페렐 모델은 최초로 위도 30°~60°의 편서풍을 설명할 수 있었다.

중위도에서 동쪽으로 부는 지상풍이 고도에 따라 더욱 강해져 강한 서풍이 제트류가 있는 10 km 부근에서 최대 풍속에 이른다.

(3) **극순환** 극지방에서 냉각된 공기는 하강하여 극고기압이 형성되고, 이 고기압에서 저위도로 흐르는 극동풍을 형성한다.

(4) **편서풍 파동** 상층의 편서풍은 남북으로 파동을 이루며 서쪽에서 동쪽으로 이동한다. 파장은 약 수천 km이고, 파수는 3~6개이다. 편서풍 파동의 가장 중요한 역할은 남북 간의 열 이동이며, 지상의 고 · 저기압의 발생에 영향을 미친다.

## 탐구 활동 조사

### 목표

대기 대순환과 해양의 표층 순환을 관련지어 이해할 수 있다.

### 유의점

1 대기 대순환을 이루는 지상 바람의 종류와 바람이 부는 방향을 파악하도록 한다.
2 위도별로 표층 해류의 종류와 해류가 흐르는 방향을 파악하도록 한다.
3 위도별로 대기 대순환을 이루는 지상의 바람과 표층 해류가 흐르는 방향을 대략적으로 비교하도록 한다.

### 과정

1 저위도 지역에서는 동풍 계열의 무역풍, 중위도 지역에서는 서풍 계열의 편서풍, 고위도 지역에서는 동풍 계열의 극동풍이 분다.
2 저위도 지역에서는 해류가 동쪽에서 서쪽으로 흐르고, 중위도 지역에서는 해류가 서쪽에서 동쪽으로 흐른다.
3 저위도 지역에서는 동풍 계열의 무역풍이 불기 때문에 해류가 동쪽에서 서쪽으로 흐르며, 중위도 지역에서는 서풍 계열의 편서풍이 불기 때문에 해류가 서쪽에서 동쪽으로 흐른다.

### 결과

1 대기 대순환에 의해서 일정한 방향으로 지속적으로 부는 바람이 해수면과 마찰을 일으켜 표층 해류가 생기므로, 해류는 대기 대순환과 비슷하게 나타난다.
2 무역풍과 편서풍의 영향으로 북태평양에서는 표층 해류가 시계 방향으로 크게 돌고, 남태평양에서는 표층 해류가 시계 반대 방향으로 크게 돈다.



❶ 그림 Ⅱ-55 표층 해류 실험 모습

**대기 대순환과 표층 해류**

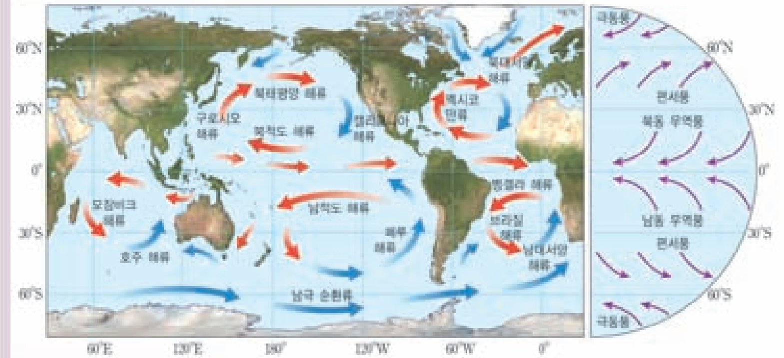
그림 Ⅱ-55와 같이 수조 안의 물 위에 색종이를 띄우고 수조의 오른쪽 모서리에서 장난감 선풍기로 바람을 일으키면 물은 바람이 부는 방향으로 흐르기 시작하여 색종이는 시계 반대 방향으로 돌게 된다. 반대로 장난감 선풍기의 위치를 왼쪽 모서리로 옮겨서 바람을 일으키면, 색종이는 시계 방향으로 돌게 된다. 이와 같이 오랫동안 부는 바람에 의해 바다에서도 해류가 발생한다. 대기 대순환과 해수의 표층 순환은 어떤 관계가 있을까?

**탐구 활동** 대기 대순환과 해양의 표층 순환 조사

목표: 대기 대순환과 해양의 표층 순환을 관련지어 이해할 수 있다.

**과정**

그림은 전 세계의 해류 분포와 대기 대순환에 의한 바람의 방향을 나타낸 것이다.




준비물: 세계의 해류도

❶ 저위도와 중위도에서 부는 바람의 명칭과 풍향을 정리한다.
❷ 저위도와 중위도에서 흐르는 해류의 방향을 알아본다.
❸ 저위도와 중위도에서 풍향과 해류가 흐르는 방향을 비교해 본다.

**결과**

1 대기 대순환과 해류의 방향은 어떤 관계가 있는가?

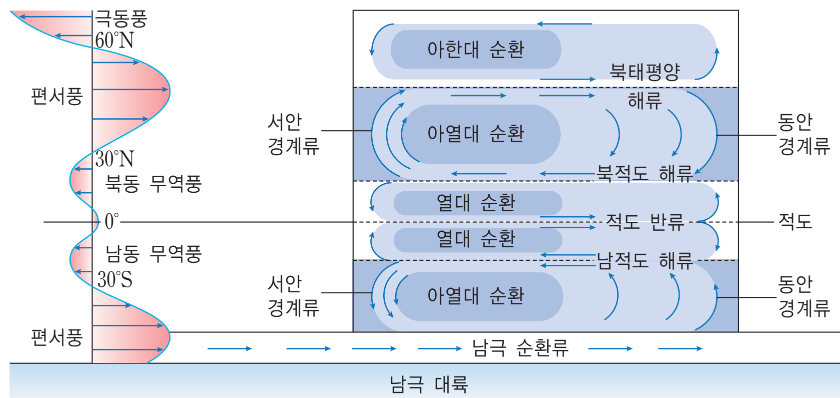
2 북태평양과 남태평양에서 일어나는 표층 순환의 방향은 어떻게 다른가?

160 Ⅱ. 기권과 우리 생활

### 관련 지식

❀ **표층 순환**

(1) **열대 순환** 적도 해류와 적도 반류
(2) **아열대 순환** 저위도의 적도 해류와 중위도의 편서풍에 의한 해류
(3) **아한대 순환** 중위도의 편서풍에 의한 해류와 고위도의 극동풍에 의한 해류




❷ 표층 순환의 모습

북태평양에서 해류의 순환은 북동 무역풍에 의해 북적도 해류가 동쪽에서 서쪽으로 흐르고, 편서풍에 의해 북태평양 해류가 서쪽에서 동쪽으로 흐른다.

이와 같이 저위도에서 무역풍에 의해 서쪽으로 흐르는 해류와 중위도의 편서풍에 의해 동쪽으로 흐르는 해류로 이루어진 커다란 순환이 일어난다. 즉, 세계의 해류는 대기 대순환의 영향으로 북반구에서는 시계 방향으로 순환하고, 남반구에서는 시계 반대 방향으로 순환한다.

대기 대순환과 해수의 표층 순환은 저위도 지방의 열을 고위도로 이동시키는 역할을 하는데, 그에 따라 세계 각지에 다양한 기후가 나타난다. 또 각 기후에 따라 토양과 생태계도 달라진다. 그러므로 기권에서 일어나는 대기 대순환에 의해 지권은 물론이고 수권 및 생물권에도 변화가 일어난다. 또 해양에서 일어나는 표층 순환으로 기권의 온도가 변화하여 대기 대순환의 변화로 이어진다.

이와 같이 지구계의 기권에서 일어나는 대기 대순환은 지권은 물론 수권 및 생물권에 영향을 미치고, 수권에서 일어나는 표층 순환이나 지권과 생물권에서 일어나는 현상은 기권에 영향을 미친다. 즉, 지구계에서 기권은 대기 대순환을 통해 다른 권과 끊임없이 상호 작용을 하고 있다.

**적도 해류**
무역풍의 영향으로 동쪽에서 서쪽으로 흐르는 해류가 적도 해류이다.

❸ 그림 Ⅱ-56 기권이 다른 권에 미치는 영향의 예



기권 ⇨ 지권 / 기권 ⇨ 수권 / 기권 ⇨ 생물권

**자기 주도 학습**

| 개념 확인하기 | 문제 응용하기 | 생활 속 문제 해결하기 |
| --- | --- | --- |
| 대기 대순환이 일어나는 근본적인 이유는 무엇인가? | 저위도 지방에서는 무역풍이 불고, 중위도 지방에서는 편서풍이 부는 이유는 무엇인가? | 맑은 날 낮에 바닷가에서 연을 날린다면 주로 어느 쪽을 향하는 경우가 많을까? |

2. 기권의 변화 161

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

고위도 지방에서는 에너지 부족 현상이 나타나고, 저위도 지방에서는 에너지 과잉 현상이 나타난다. 이러한 에너지의 불균형을 해소하기 위하여 대기 대순환이 일어난다.

▶ **문제 응용하기**

중위도 고압대에서 저위도로 부는 바람이 서쪽으로 편향하여 동풍 계열의 무역풍이 되고, 중위도 고압대에서 고위도로 부는 바람이 동쪽으로 편향하여 서풍 계열의 편서풍이 분다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

맑은 날 낮에는 주로 바다에서 육지 쪽으로 해풍이 불어오므로 연을 날리는 사람은 육지 쪽을 향하는 경우가 많을 것이다.



❸ 연날리기

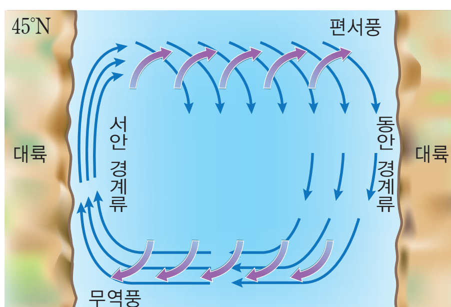


## 과학 돋보기

### ❀ 동안 경계류와 서안 경계류

(1) **동안 경계류** 아열대 순환의 동쪽 해안을 따라 남쪽으로 흐르는 해류로서, 캘리포니아 해류, 카나리아 해류 등이 있다.

(2) **서안 경계류** 아열대 순환의 서쪽 해안을 따라 북쪽으로 흐르는 해류로서, 쿠로시오 해류, 멕시코 만류 등이 있다.

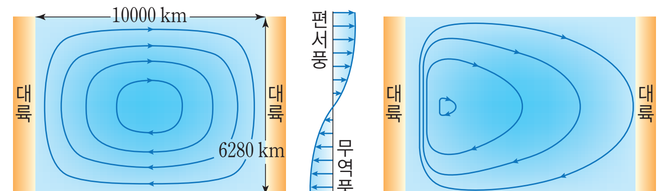



❸ 서안 경계류와 동안 경계류

❸ 서안 경계류와 동안 경계류의 비교

| 구분 | 폭 | 깊이 | 속도 | 수송량 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 서안 경계류 | 좁다 | 깊다 | 빠르다 | 많다 |
| 동안 경계류 | 넓다 | 얕다 | 느리다 | 적다 |

(3) **서안 강화 현상** 지구 자전에 따른 전향력의 크기는 고위도로 갈수록 커지므로 아열대 순환에서는 해양의 서쪽에서 해수의 순환이 강화되는데, 이러한 현상을 서안 강화 현상이라고 한다. 서안 강화 현상 때문에 아열대 순환의 중심이 서쪽으로 치우쳐 나타난다.




❸ 지구가 자전하지 않을 때 ❸ 지구가 자전할 때

# 2-3 날씨와 생활

## | 학습 내용 안내 |

(1) 계절별로 우리나라에 영향을 미치는 기단의 종류와 특징을 안다.
(2) 기단과 전선 부근에서의 날씨를 안다.
(3) 고기압과 저기압에서의 날씨를 안다.
(4) 일기 예보의 과정을 알고, 일기도를 해석하여 날씨를 분석해 본다.
(5) 일기 변화가 우리 생활에 미치는 영향을 이해한다.

## | 학습 전개 |

우리나라의 사계절 날씨에 대해 생각해 보도록 지도한다.

↓

계절별로 우리나라에 영향을 미치는 기단에 대해 설명하게 한다.

↓

전선의 종류, 생성 과정, 전선 부근에서의 날씨를 설명하게 한다.

↓

고기압과 저기압에서 바람과 날씨를 설명하게 한다.

↓

날씨가 우리 생활에 미치는 영향과 기상 마케팅에 대해 설명하게 한다.

**찾아보기**

- 기상청 날씨 정보 http://www.kma.go.kr/weather/main.jsp
- 국가 재난 정보 센터 http://safekorea.go.kr
- 대기와 날씨 변화(2006), 이성한 저, 지경사

Ⅱ. 기권과 우리 생활

# 2-3 날씨와 생활

**학습 목표**

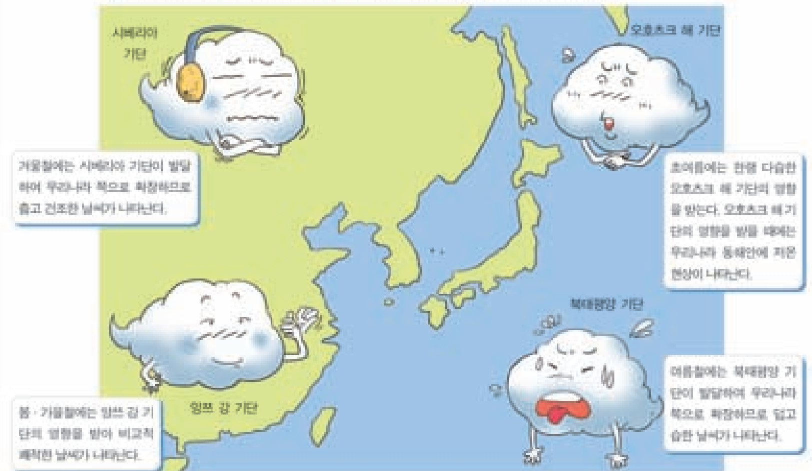
- 기단과 전선, 고기압과 저기압에서 나타나는 기상 현상을 설명할 수 있다.
- 기상 현상이 우리의 생활에 미치는 영향을 알고, 일기 예보와 기상 마케팅의 필요성을 이해할 수 있다.

우리나라에서는 사계절이 뚜렷하게 나타나며, 며칠 동안 날씨가 맑았다가 흐려져서 비나 눈이 내리다가 다시 맑아지는 날씨가 되풀이되기도 한다. 날씨 변화가 나타나는 이유는 무엇일까? 또 날씨 변화를 어떻게 예측할 수 있을까?

### 기단과 전선

넓은 대륙이나 해양 위에 공기가 오래 머물러 있으면 지표면의 영향으로 기온과 습도가 비슷해진다. 이렇게 기온과 습도가 비슷한 큰 공기 덩어리를 **기단**이라고 한다. 우리나라에서 사계절이 뚜렷하게 나타나는 것은 계절마다 다른 기단의 영향을 받기 때문이다.

**그림 Ⅱ-57 우리나라에 영향을 미치는 기단**_ 북쪽에는 기온이 낮은 기단이 있고, 남쪽에는 기온이 높은 기단이 있으며, 서쪽에는 대륙에서 발생한 건조한 기단이 있고, 동쪽에는 해양에서 발생한 습한 기단이 있다.




162 Ⅱ. 기권과 우리 생활

## 과학 돋보기

### ❀ 기단

(1) **기단의 발생** 기단이란 넓은 대륙이나 해양 위에 공기가 오랫동안 머무르면서 공기의 성질이 지표면을 닮아 넓은 지역에 걸쳐 기온과 수증기량이 비슷해진 공기 덩어리이다. 지표면 위의 공기는 지표면과 끊임없이 열과 수증기를 주고받으므로, 기온과 습도가 비슷한 공기 덩어리가 만들어지기 위해서는 공기가 놓여 있는 지표면의 성질이 균일해야 한다. 따라서 대륙의 한가운데나 바다의 한가운데처럼 지표면의 성질이 균일한 곳에서 형성되며, 우리나라처럼 바다와 육지가 접하는 곳에서는 기온과 수증기량이 일정한 공기 덩어리가 형성되기 어렵다.

(2) **기단의 성질** 기단은 형성된 지표면의 성질을 닮게 되므로 대륙에서 만들어진 기단은 건조하며, 바다 위에서 형성된 기단은 많은 수증기를 포함하므로 습한 기단이 된다. 또 저위도 지방에서 형성된 기단은 기온이 높은 온대 기단이나 열대 기단이 되며, 고위도에서 형성된 기단은 차가운 기단이 된다.

우리나라는 중위도의 온대 지방에 위치하므로 우리나라에 영향을 미치는 기단에는 차가운 기단도 있고 따뜻한 기단도 있다.

기단은 발생한 지역에 계속 머물러 있는 것이 아니라 다른 지역으로 이동하면서 성질이 변하기도 하고, 또 성질이 다른 기단을 만나 서로 영향을 주고받기도 한다. 성질이 서로 다른 두 기단이 만나면 어떤 현상이 일어날까?

차가운 기단과 따뜻한 기단이 만나면 바로 섞이지 않고 경계면이 형성된다. 이렇게 성질이 다른 두 기단 사이의 경계면을 **전선면**이라고 하며, 전선면과 지표면이 만나서 이루는 선을 **전선**이라고 한다. 전선이 형성되는 원리를 알아보자.




❹ 그림 Ⅱ-58 전선면과 전선

**해 보기** 전선이 형성되는 원리 실험

**|준비물|**

수조(칸막이 있는 것), 찬물, 더운물, 색소(빨간색, 파란색)

**|과정|**

❶ 그림과 같이 수조 가운데에 칸막이를 설치한다.
❷ 수조의 한 칸에는 더운물을 넣고, 다른 칸에는 찬물을 넣는다.
❸ 더운물에는 빨간색 색소를 넣고, 찬물에는 파란색 색소를 넣는다.
❹ 칸막이를 천천히 들어 올린 후 수조 안의 변화를 관찰한다.




**|해석|** 창의 · 인성

1 찬물과 더운물은 어떻게 움직이며, 그 이유는 무엇인가?
2 차가운 기단이 따뜻한 기단 쪽으로 이동할 때 공기는 어떻게 움직이겠는가?
3 따뜻한 기단이 차가운 기단 쪽으로 이동할 때 공기는 어떻게 움직이겠는가?

위 실험에서 찬물과 더운물이 만났을 때 찬물은 더운물 밑으로 파고들고, 더운물은 찬물 위로 타고 올라가는 모습을 볼 수 있다. 또 찬물과 더운물은 바로 섞이지 않고 층을 이루며 경계면을 형성한다. 마찬가지로 성질이 다른 두 기단이 만날 때에도 바로 섞이지 않고 경계면(전선면)을 형성한다.

2. 기권의 변화 163



## 해 보기 실험

**|목표|**

찬물과 더운물이 만났을 때 일어나는 변화를 관찰하여 전선이 형성되는 원리를 설명할 수 있다.

**|원리설명|**

1 찬물과 더운물의 밀도 차에 의해 찬물은 아래쪽으로 이동하고, 더운물은 위쪽으로 이동한다.

2 찬 공기와 더운 공기가 만났을 때 찬 공기는 아래로 이동하고 더운 공기는 위로 이동하며, 이 과정에서 두 공기의 경계면이 지면과 닿는 부분에서 전선이 생성된다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

1 온도 차이에 따른 변화가 뚜렷하게 관찰될 수 있도록 찬물과 더운물의 온도 차가 충분하도록 한다.

2 찬물과 더운물의 경계 부근에서 일어나는 변화를 세밀하게 관찰할 수 있도록 유도하고, 경계면의 위쪽과 아래쪽이 이동하는 속도 차를 비교할 수 있도록 한다.

**|유의점|**

1 칸막이 주위에서 틈새로 물이 섞이지 않도록 하기 위해 물을 넣은 후 너무 오래 지체하지 않도록 하고, 이를 위해 사전에 실험 과정을 숙지하도록 한다.

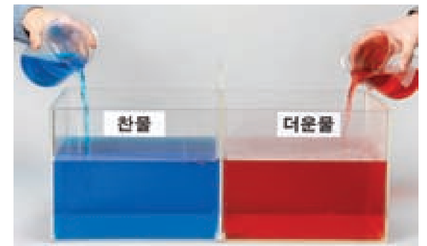
2 화상을 입지 않도록 너무 뜨거운 물을 사용하지 않게 지도한다.

3 칸막이를 들어 올릴 때에는 흔들리지 않도록 서서히 들어 올린다.

4 색소를 넣은 물이 튀어 주변 사람의 옷에 묻지 않도록 주의하면서 실험한다.

**|해석|** 창의 · 인성

1 찬물은 아래쪽으로 퍼져 나가고 더운물은 위쪽으로 이동한다. 찬물은 더운물보다 밀도가 커서 무거우므로 아래쪽으로 파고들면서 퍼져 나간다.



















2 차가운 기단이 따뜻한 기단의 아래쪽으로 파고든다.

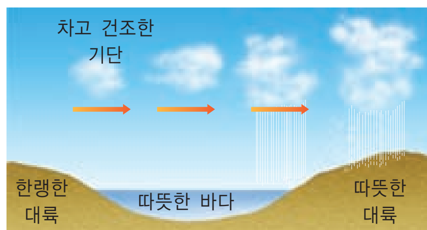
3 따뜻한 기단은 차가운 기단의 위쪽으로 상승하면서 이동한다.




### ❀ 기단의 이동과 변질

기단이 처음 형성되었을 때는 기온과 수증기량이 일정하지만, 기단이 형성된 곳을 떠나 지표면의 성질이 다른 곳으로 이동하면 성질이 변한다.

겨울철 우리나라에 영향을 주는 시베리아 기단은 한랭 건조한 기단이지만, 남쪽으로 이동하면서 기단의 아래쪽이 따뜻해진다. 이렇게 되면 아래쪽의 따뜻한 공기는 상승하고 위쪽의 찬 공기는 하강하면서 기단 내부에서 대류가 일어나 기단이 불안정해진다. 또한 겨울철 시베리아 기단이 우리나라 쪽으로 이동하는 과정에서 따뜻한 황해를 지나므로 수증기를 공급받게 된다. 따라서 수증기를 많이 포함한 아래쪽의 공기가 상승하면서 구름이 발달하게 된다. 겨울철 우리나라 서해안에 폭설이 자주 내리는 이유는 바로 이러한 기단의 변질 때문이다.




❸ 시베리아 기단의 변질

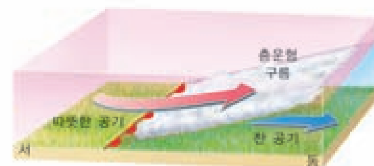
### ❀ 기단의 충돌

하나의 기단이 이동하거나 세력을 확장하다가 성질이 다른 기단과 만나면 기단 사이에 충돌이 일어나게 된다. 이때 기단 사이에는 경계면이 생기는데, 이 경계면을 전선면이라고 한다. 전선면은 공중에서부터 지상까지 이어지는데, 이 경계면이 지면과 닿는 부분은 하나의 선으로 나타나게 된다. 이 선을 전선이라고 한다. 전선에서는 세력이 강한 기단이 세력이 약한 기단을 밀어낸다. 이에 따라 차가운 기단이 따뜻한 기단을 밀고 가는 한랭 전선과 따뜻한 기단이 차가운 기단을 타고 오르는 온난 전선이 형성되며, 두 기단의 세력이 엇비슷하여 서로 밀고 가지 못하는 경우에는 전선이 오랫동안 머물러 있는 정체 전선이 형성된다.

차가운 기단이 따뜻한 기단 쪽으로 이동하면서 따뜻한 기단 밑으로 파고들 때 형성되는 전선을 **한랭 전선**이라고 한다. 한랭 전선면에서는 찬 공기가 따뜻한 공기 밑으로 빠르게 파고들면서 따뜻한 공기를 위로 밀어 올리므로 강한 상승 기류가 생기고 전선면의 기울기가 급하다. 그 결과 위로 솟아오르는 적운형 구름이 발달하고, 좁은 지역에서 소나기성 비가 내린다. 한편, 한랭 전선이 통과하면서 풍향은 남서풍에서 북서풍으로 바뀌고, 차가운 공기가 다가와 기온이 낮아진다.




❸ 그림 Ⅱ-59 한랭 전선

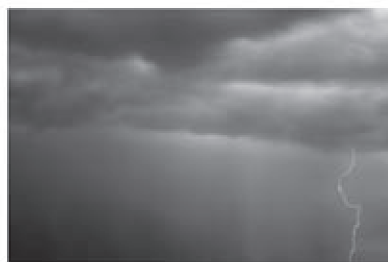



❸ 그림 Ⅱ-60 온난 전선

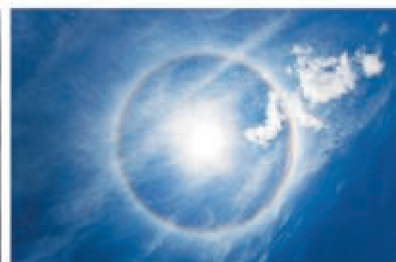
**온난 전선과 날씨**
전선면의 기울기가 완만한 온난 전선이 다가오면 층운형 구름이 나타나는데, 권운-권층운-고층운-난층운으로 구름의 높이가 점점 낮아져 비가 내린다.

따뜻한 기단이 차가운 기단 쪽으로 이동하면서 차가운 기단 위로 타고 올라갈 때 형성되는 전선을 **온난 전선**이라고 한다. 온난 전선면에서는 따뜻한 공기가 찬 공기 위로 천천히 타고 올라가므로 전선면의 기울기가 완만하다. 그러므로 두께가 얇고 넓게 퍼진 층운형 구름이 발달하고, 넓은 지역에 걸쳐 약한 비가 비교적 오랜 시간 동안 내린다. 한편, 온난 전선이 통과하면서 풍향은 남동풍에서 남서풍으로 바뀌고, 따뜻한 공기가 다가와 기온이 높아진다.

한랭 전선은 온난 전선보다 이동 속도가 빠르므로, 한랭 전선이 앞서 있던 온난 전선을 따라잡아 서로 겹쳐질 수 있다. 이와 같이 온난 전선에 한랭 전선이 겹쳐진 전선을 **폐색 전선**이라고 한다.



❸ 그림 Ⅱ-61 한랭 전선 부근의 날씨



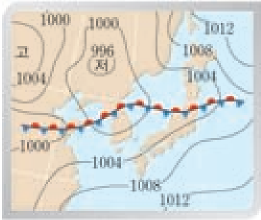
❸ 그림 Ⅱ-62 온난 전선의 접근(햇무리)

164 Ⅱ. 기권과 우리 생활

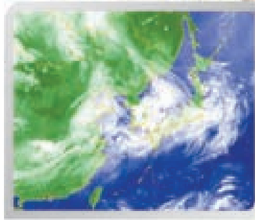
## | 관련 지식 |

### ❀ 한랭 전선과 온난 전선의 비교

| 구분 | | 한랭 전선 | 온난 전선 |
|---|---|---|---|
| 형성 과정 | | 찬 공기가 더운 공기를 밀고 갈 때 | 더운 공기가 찬 공기를 타고 오를 때 |
| 전선면의 경사 | | 급하다 | 완만하다 |
| 구름과 강수 형태 | | 적운형 구름, 소나기 | 층운형 구름, 이슬비 |
| 강수 구역 | | 전선 뒤쪽, 좁은 구역 | 전선 앞쪽, 넓은 구역 |
| 이동 속도 | | 빠르다(35 km/h) | 느리다(25 km/h) |
| 바람의 방향 | | 전선 뒤: 북서풍, 전선 앞: 남서풍 | 전선 뒤: 남서풍, 전선 앞: 남동풍 |
| 전선 통과 후의 변화 | 기온 | 급격히 하강 | 완만하게 상승 |
| | 기압 | 빠르게 상승 | 서서히 상승 |
| | 바람 | 남서풍 → 북서풍 | 남동풍 → 남서풍 |




❶ 그림 Ⅱ-63 장마철 일기도



❶ 그림 Ⅱ-64 장마철 기상 위성 사진

한편, 두 기단의 세력이 비슷하여 전선이 거의 움직이지 않고 오랫동안 한 지역에 머무르는 경우가 있는데, 이러한 전선을 **정체 전선**이라고 한다. 초여름에 우리나라 부근에 장기간 머무르며 많은 비를 내리는 장마 전선은 정체 전선의 일종이다.

### 고기압과 저기압

기압은 가열 · 냉각 정도에 따라 달라지며, 하루 중에도 높아지기도 하고 낮아지기도 한다. 이때 주위보다 기압이 높은 곳을 **고기압**이라고 하며, 주위보다 기압이 낮은 곳을 **저기압**이라고 한다.

북반구의 고기압에서는 바람이 시계 방향으로 불어 나가고, 중심부에서는 공기가 하강하므로 구름이 소멸되어 맑은 날씨가 나타난다. 또 저기압에서는 바람이 시계 반대 방향으로 불어 들어가므로 중심부에서는 공기가 상승하여 구름이 생성되고 비나 눈 등 강수 현상이 나타난다.

이와 같은 고기압과 저기압은 대기 대순환의 영향을 받아 이동하면서 다양한 날씨 변화를 일으킨다.




❶ 그림 Ⅱ-65 고기압과 저기압 주위에서의 바람의 방향(북반구)

2. 기권과 날씨 165




### ❀ 고기압과 저기압에서의 날씨

(1) **고기압 부근의 날씨** 고기압 중심부의 날씨는 맑고, 고기압의 가장자리에서는 구름이 끼는 경우가 많다.

고기압 중심부에서는 하강 기류가 있기 때문에 위에 있던 공기가 아래쪽으로 하강하게 되면 주위 기압이 높아짐에 따라 공기 덩어리는 압축된다. 이때 공기 덩어리는 기온이 올라가므로 습도가 낮아져 건조해진다. 따라서 구름 방울에서는 증발이 활발하게 일어나므로 구름이 있다가도 없어지게 된다. 반면에, 고기압의 가장자리는 중심부에서 밀려난 공기가 상승하면서 구름이 생성된다.

(2) **저기압 부근의 날씨** 저기압 중심부의 날씨는 흐리며, 경우에 따라 비가 오는 경우가 많다.

저기압 중심부에서는 상승 기류가 생성되기 때문에 공기가 상승하면 주변 기압이 낮아져 공기 덩어리는 팽창하고 이에 따라 공기가 차가워져 습도가 높아진다. 따라서 수증기가 응결하여 물방울을 만들기 때문에 구름이 형성된다. 또한 저기압 중심부에서는 형성된 구름이 빗방울로 성장하여 비를 내리는 경우가 많다.

### ❀ 바위스발롯 법칙

고기압에서는 바람이 불어나가고, 저기압으로는 주변으로부터 바람이 불어 들어온다. 따라서 이를 일기도에 적용할 때 고기압 중심 부근과 저기압 중심 부근에서는 부근에 있는 고기압이나 저기압을 이용하여 바람의 방향을 판단할 수 있다.

이 원리를 거꾸로 이용하면 바람을 이용하여 고기압과 저기압 중심부의 위치를 찾아낼 수 있다. 바람을 등지고 섰을 때 왼쪽 앞에는 저기압이 위치하고, 오른쪽 뒤에는 고기압이 위치하게 된다. 이것을 바위스발롯 법칙이라고 한다.

**+ 참고 자료** 맑은 날씨

(1) **우리나라의 날씨가 맑을 때** 실제 일기도에서 우리나라가 맑은 날씨를 보일 때에는 고기압의 전면에 들었을 때가 많다. 우리나라는 편서풍대에 위치하고 있으므로 서쪽에서 고기압이 다가올 때 맑은 날씨를 보인다.

(2) **날씨가 항상 맑을 수는 없다** 날씨가 맑은 지역은 하강 기류가 생기므로 다른 곳에서는 반드시 상승 기류가 나타나야 한다. 그런데 날씨가 맑은 지역에서는 태양 복사 에너지에 의해 지표면이 데워지므로 주변의 다른 지역보다 기온이 높아져 상승 기류가 생기게 된다. 따라서 머지않아 구름이 생기게 된다.

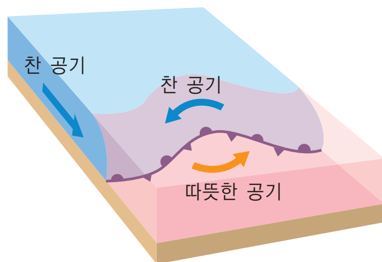


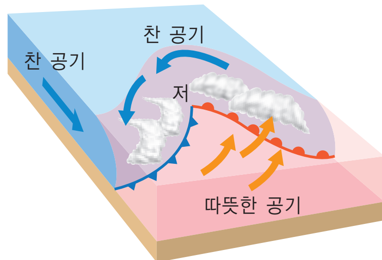
❷ 맑은 날 상승 기류에 의해 생긴 구름




## ❀ 한랭 전선과 온난 전선은 왜 함께 만들어질까?

온대 저기압은 중위도 지역에서 형성되는 저기압으로서, 주위로부터 공기가 몰려 들어올 때 북쪽에서 남하하는 찬 공기와 남쪽에서 북상하는 더운 공기가 만나면서 전선이 형성된다. 이때 이동하는 공기는 지구 자전에 의해 진행 방향의 오른쪽으로 향하는 힘을 받는다. 따라서 남하하는 찬 공기는 지구 자전에 의한 힘을 받아 서쪽에서 더운 공기를 파고들면서 한랭 전선을 형성하고, 북상하는 더운 공기는 동쪽으로 찬 공기를 밀어내면서 온난 전선을 형성한다. 따라서 한랭 전선과 온난 전선은 항상 함께 만들어진다.



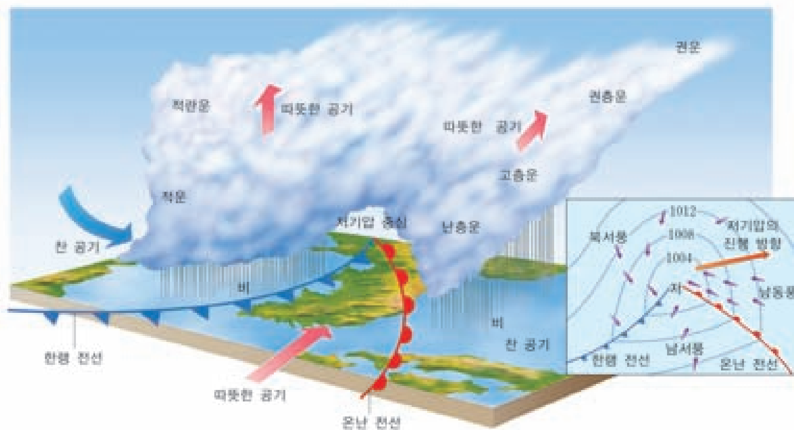

❷ 전선의 형성

## ❀ 온대 저기압의 에너지원

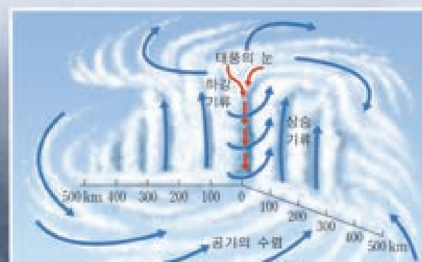
온대 저기압에서 서로 만나는 찬 공기와 더운 공기는 시간이 지나면 찬 공기는 아래쪽으로 하강하고, 더운 공기는 위쪽으로 상승하면서 점차 안정된다. 이 과정은 공기 덩어리의 무게 중심이 아래로 이동하는 과정이다. 따라서 공기 덩어리 전체의 위치 에너지는 감소하게 된다. 이때 감소한 위치 에너지는 운동 에너지로 전환되고, 이 에너지가 온대 저기압의 에너지원이 된다. 따라서 온대 저기압의 에너지원은 공기 덩어리의 위치 에너지 변화이다.

**온대 저기압의 이동**
온대 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로 일기 변화도 대체로 서쪽에서 동쪽으로 변한다.

저기압 중 중위도 지방에서 따뜻한 기단과 차가운 기단 사이에서 발생한 저기압을 **온대 저기압**이라고 한다. 온대 저기압의 남서쪽에는 한랭 전선이, 남동쪽에는 온난 전선이 발달한다.




❸ 그림 Ⅱ-66 온대 저기압




❹ 그림 Ⅱ-67 태풍의 구조

한편, 열대 지방의 바다 위에서 발생하는 저기압을 **열대 저기압**이라고 하며, 이 중 중심 부근의 풍속이 17 m/s 이상으로 강해진 것을 **태풍**이라고 한다. 태풍은 반지름이 약 500 km에 이른다. 태풍의 중심 쪽으로 갈수록 두꺼운 적운형 구름이 발달하지만 중심에서는 하늘이 맑고 바람이 약한 구역이 나타나는데, 이 구역을 **태풍의 눈**이라고 한다.

166

## ❀ 온대 저기압의 이동

온대 저기압이 발달하는 중위도는 지구 대기 대순환에서 편서풍이 부는 지역이다. 따라서 온대 저기압은 편서풍의 영향으로 시간이 지나면서 점차 동쪽으로 이동하게 된다. 이와 같이 우리나라에 영향을 미치는 온대 저기압은 항상 서쪽에서 접근하여 동쪽으로 이동해 간다.

## ❀ 온대 저기압 부근에서의 날씨

온대 저기압은 전선을 동반하고 있으므로 온대 저기압 부근에서는 날씨의 변화가 심하다. 온대 저기압의 전선을 기준으로 전선 북쪽에는 찬 공기가 지배하고 있으며, 남쪽에는 더운 공기가 지배하고 있다. 따라서 전선이 통과할 때 찬 공기와 더운 공기 중 어느 영역에 속하는가에 따라 기온 변화가 달라진다. 온난 전선이 지나면 지상의 관측자는 찬 공기의 영역에서 더운 공기의 영역으로 들어가게 되므로 기온이 상승하고, 한랭 전선이 지나면 더운 공기의 영역에서 찬 공기의 영역으로 들어가게 되므로 기온이 낮아지게 된다. 또한 전선 부근에서는 대기가 불안정하여 공기의 상하 이동이 활발하므로 날씨가 흐리고 강수 현상이 나타난다.

온난 전선이 지나갈 때에는 구름이 점차 낮아지면서 비나 눈이 오게 되며, 한랭 전선이 지나갈 때에는 수직으로 발달한 구름이 지나가므로 천둥 번개를 동반한 소나기가 내리는 경우가 많다.

보충·심화

## 태풍, 어떤 현상인가?

적도 부근(위도 5°~25°)의 수온이 27℃ 이상인 북태평양 해상에서 발생하는 태풍은 반지름이 약 500 km에 이르고, 전체적으로 상승 기류가 발달하여 중심으로 갈수록 두꺼운 적운형 구름이 형성되어 있다.

태풍의 눈은 지름이 30~50 km 정도이며, 때로는 100~200 km에 이르는 경우도 있다. 태풍의 눈에서는 하강 기류가 발달하여 하늘이 맑고 바람이 약하다.

태풍은 발생 초기에는 무역풍의 영향으로 북서쪽으로 진행하다가 위도 25°~30° 부근에서 편서풍의 영향으로 진로를 바꾸어 북동쪽으로 진행하는 포물선 궤도를 그린다. 태풍이 진로를 바꾼 후에는 태풍의 진행 방향과 편서풍의 풍향이 일치하므로 이동 속도가 빨라진다. 태풍의 진행 방향에 대해 오른쪽 반원은 바람과 진행 방향이 일치하므로 풍속이 강하여 **위험 반원**이라고 하며, 태풍의 진행 방향에 대해 왼쪽 반원은 바람과 진행 방향이 반대이므로 풍속이 약하여 **안전 반원(가항 반원)**이라고 한다.




❷ 태풍의 진로와 위험 반원

태풍은 상승하는 공기 중의 수증기가 응결하면서 **숨은열**을 방출하여 공기를 계속 가열하므로 높은 곳(대류권 계면)까지 상승하게 된다. 에너지원은 수증기의 응결열이며, 태풍이 육지에 상륙하면 수증기의 공급이 끊기므로 세력이 급격히 약해진다.

강한 바람과 함께 많은 비를 내리는 태풍으로 농경지의 침수, 산사태, 가옥의 침수와 붕괴, 어선과 양식장의 파괴 등 많은 재산 피해는 물론이고, 인명 피해가 발생하기도 한다. 다음 표에서와 같이 우리나라에 영향을 미치는 태풍은 주로 7월에서 9월 사이에 발생한 태풍이며, 5월이나 10월에 발생한 태풍도 있다.

❸ 100년 동안 우리나라에 영향을 미친 태풍

| 월 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 합계 | 연평균 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 횟수 | – | – | – | – | 2 | 20 | 93 | 123 | 80 | 8 | – | – | 324 | 3.2 |



❹ 태풍에 의한 파도(제주도 서귀포)

167

**| 관련 지식 |**

❀ 태풍

(1) **태풍의 구조** 태풍은 열대 저기압 중 중심 풍속이 17 m/s 이상일 정도로 강하게 발달한 저기압이므로, 주위로부터 몰려 들어오는 공기의 흐름이 강하고, 중심부에서는 강한 상승 기류가 형성된다. 이에 따라 두꺼운 적란운이 생성되며, 이 구름은 중심부를 나선형으로 감싸고 있다. 구름의 높이는 태풍의 중심부로 가까이 갈수록 높아지며, 바람의 세기도 태풍의 중심부로 가까이 갈수록 증가한다. 태풍의 규모는 다양하며, 중형 태풍의 경우 지름이 1000 km 정도로서, 우리나라를 한번에 덮을 수 있는 정도이다.

한편, 태풍의 중심에는 태풍의 눈이라고 불리는 구름이 없는 맑은 구역이 형성되는데, 이것은 태풍 중심부의 상승 기류가 매우 강하여 상승 기류를 형성하였던 공기의 일부가 바깥쪽으로 빠져나가지 못하고 한가운데로 모여 하강하기 때문에 나타난다. 이에 따라 태풍의 눈에서는 구름이 없어지고 맑은 날씨가 나타나게 된다.



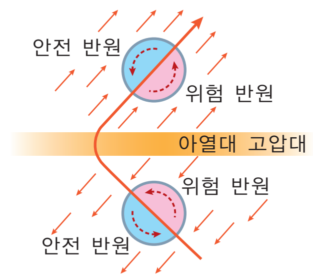
❷ 인공위성에서 촬영한 태풍 모습

(2) **태풍의 발생과 이름** 태풍은 열대 저기압의 일종이다. 일반적으로 태풍이 발생하는 곳은 수온이 27℃ 이상인 열대 해상이다. 전 세계적으로 열대 저기압이 발생하는 곳은 태평양, 대서양, 인도양의 해상이며, 적도를 기준으로 북쪽과 남쪽으로 나누어진다. 열대 저기압은 발생하는 위치에 따라 각각 그 이름을 다르게 부르는데, 북태평양 서쪽 해상에서 발생하는 열대 저기압을 태풍이라고 한다. 일반적으로 우리나라에 영향을 주는 태풍은 필리핀 동쪽 해상에서 만들어진 열대 저기압이다.

태풍의 이름은 서태평양 연안 지역에 있는 나라들이 제출한 예비 이름 중에서 태풍의 발생 순서에 따라 배정된다.

(3) **태풍의 에너지원** 열대 지방에서 발생한 저기압은 중심부에서 상승 기류가 나타날 때 많은 구름을 발생시킨다. 이때 공기 중의 수증기가 응결되면서 방출된 막대한 양의 잠열은 저기압 중심부의 기온을 주변보다 높게 유지시키는데, 주변 공기와의 온도 차가 커질수록 중심부의 기압은 더욱 낮아져 저기압이 강해지고, 주변과의 기압 차에 따른 바람의 세기도 증가하게 된다. 따라서 수증기가 응결될 때 방출되는 막대한 양의 잠열은 태풍의 에너지원이 된다.

(4) **태풍의 진로와 위험 반원** 태풍은 무역풍대에서는 북서쪽으로 이동하고 편서풍대에서는 북동쪽으로 이동하므로, 이동 경로가 포물선 궤도를 그리게 된다. 따라서 관측자가 태풍의 오른쪽인 위험 반원에 있는 경우에는 시간이 지남에 따라 바람의 방향이 시계 방향으로 변하게 된다.




❸ 태풍의 위험 반원과 안전 반원

## 관련 지식

### ❀ 일기 예보의 과정

(1) **기상 관측 자료의 수집**　전국에 있는 관측소와 레이더, 기상 위성 등을 이용하여 기상 관측을 실시하고, 인접 국가의 기상 관측 자료를 수집한다.

(2) **일기도 작성 및 분석**　전국 각지로부터 수집된 기상 데이터를 이용하여 일기도를 작성하고 현재의 일기를 분석한다.

(3) **예상 일기도 작성**　국내외에서 수집된 관측 자료와 예보 모델을 이용하여 예상 일기도를 작성한다. 이 과정에서 예보 모델의 운용을 위해 슈퍼컴퓨터가 이용된다.

(4) **일기 예보**　예상 일기도로부터 얻은 미래의 날씨를 신문이나 방송, 기상청 홈페이지 등을 통해 발표한다.



❷ 기상청 홈페이지

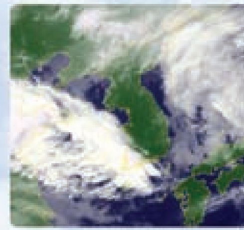
### ❀ 수치 예보

현대의 일기 예보에서는 수치 예보를 이용한다. 수치 예보는 현재의 대기 상태를 초깃값으로 하여 수치 해석이라는 수학적인 방법으로 미래의 대기 상태를 계산하는 것이다. 수치 예보에서는 일기 예보를 단기 예보, 중기 예보, 장기 예보로 구분하여 예보하는데, 각각 다른 모델을 이용한다. 단기 예보에서는 종관 규모의 일기계에 적절한 수치 모델을 이용하며, 중기 예보에는 지구 전체를 대상으로 하는 전 지구 수치 모델을 이용한다. 장기 예보에서는 과거의 기상 자료를 통계적으로 분석하고, 해석한다. 이러한 수치 모델을 사용하기 위해 슈퍼컴퓨터를 이용한다.

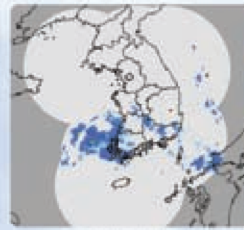
한편, 강수 예보는 강수량, 강수 위치, 강수 시간 등의 어려움 때문에 확률 예보를 이용하는데, 비나 눈이 올 가능성을 0~100 % 사이의 확률로 나타내는 것이다.

### 일기도와 일기 예보

지도를 보면 실제로 가 보지 않은 지역의 여러 가지 지리적 정보를 얻을 수 있다. 지도에 그려진 등고선 분포로부터 지형을 알 수 있고, 철도와 도로 등 여러 가지 정보가 기호로 표시되어 있기 때문이다. 그렇다면 넓은 지역의 날씨는 어떻게 알 수 있을까?



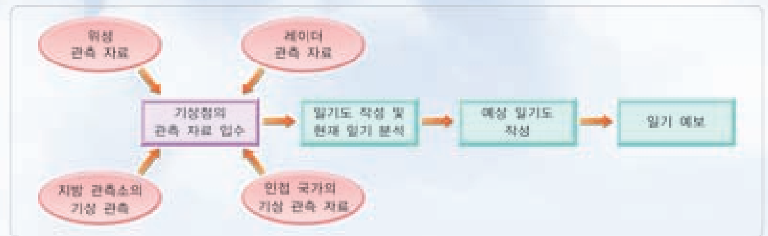
위성 관측 자료(구름)



레이더 관측(강수)



일기도 작성 및 일기 분석 모습




❸ 그림 Ⅱ-68 일기 예보의 과정



기상 정보 수집



일기 예보

168 | 기권과 우리 생활

### ✚ 참고 자료　우리나라의 기상 관측

(1) **지상 기상 관측**　전국 76개소의 기상 관서와 기상 관서가 없는 500여 개의 자동 기상 관측 장비에서는 1분 간격으로 기상 요소를 관측한다.

(2) **항공 기상 관측**　전국 공항 기상 관서에서 바람, 시정, 운고, 기온, 기압 등의 항공 기상 관측 요소를 매 30분 또는 1시간 간격으로 관측한다.

(3) **고층 기상 관측**　라디오존데를 이용해 지상으로부터 약 35 km까지의 고도별 기압, 기온, 습도, 풍향, 풍속을 12시간 간격으로 관측한다.

(4) **해양 기상 관측**　해양 기상 관측 부이, 기상 관측선 등을 이용하여 풍향, 풍속, 기온, 수온, 기압, 파고 등을 관측한다.

(5) **기상 위성 관측**　우리나라의 천리안 위성과 외국의 정지 궤도 기상 위성, 극궤도 기상 위성의 자료를 수신한다.

(6) **기상 레이더 관측**　도플러 기상 레이더를 이용하여 관측하며, 일본 기상청과 공군의 레이더 자료도 수신하여 활용한다.

날씨를 예측하려면 넓은 지역의 날씨를 종합적으로 알고, 그 변화 경향을 분석해야 한다. 기상청에서는 여러 지역의 기상 관측소에서 얻은 기상 데이터를 이용하여 **일기도**를 그린다. 일기도에는 각 관측 지점의 기온, 습도, 풍향, 풍속 등을 일기 기호로 기록하고, 등압선을 그린 후 등압선 분석에 따른 고기압과 저기압, 전선 등을 표시한다.






그림 Ⅱ-69 일기 기호

그 다음 일정한 시간 간격으로 작성된 일기도를 비교·분석하여 일기 변화의 경향과 규칙성을 찾아내고, 이를 토대로 **예상 일기도**를 작성한다. 예상 일기도가 작성되면 기상 위성 사진, 기상 레이더 자료 등을 종합하여 일기를 예측한 후 신문이나 방송을 통해 알린다. 최근에는 기상청 홈페이지나 인터넷의 검색 사이트에서도 기상 정보를 제공하고 있으며, 전문적인 기상 정보를 제공하는 회사도 있다.

**과학 자료실** 여러 종류의 일기 예보가 있다는 것을 아세요?

기상청에서는 생활의 편의와 위험 기상에 의한 피해를 줄이기 위해 다양한 형태의 예보를 발표하고 있다.

- **우리 동네 날씨**: 동네 예보는 전국을 3,500여 개의 구역으로 나누어 3시간마다 앞으로 3일 이내까지의 날씨를 제공한다.
- **이번 주의 날씨**: 주간 예보는 모레부터 6일간의 기온, 날씨 등을 매일 오전 6시와 오후 6시에 2회 발표한다.
- **1개월, 3개월 날씨**: 1개월 전망은 10일 간격, 3개월 전망은 1개월 간격으로 기압, 기온, 강수량 전망 등을 발표한다.
- **기상 현상으로 큰 피해가 예상된다면**: 호우, 대설, 폭풍 해일, 지진 해일, 태풍, 강풍, 풍랑, 황사, 건조, 한파, 폭염 등의 기상 현상으로 심각한 재해가 우려될 때 주의보나 경보와 같은 기상 특보를 발표한다.
- **거대한 태풍이 온다면**: 현재의 태풍 상황과 예상 진로, 세기 등을 수시로 발표한다.

동네 예보
기후 전망
기상 특보
주간 예보

2. 기권의 변화 169

❀ 일기 기호

| 일기 현상 | 비 | 진눈깨비 | 안개 | 소나기 |
|---|---|---|---|---|
| | 눈 | 뇌우 | 가랑비 | 소낙눈 |

| 운량 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

일기 기호

풍속: 0, 2, 5, 7, 12, 25, 30 (m/s)

진행 방향

온난 전선 / 한랭 전선 / 폐색 전선 / 정체 전선

고 고기압 / 저 저기압 / 태풍

풍속, 풍향, 기온 18, 현재 일기, 이슬점 온도 10, 운량, 상층 운형, 중층 운형, 기압 변화 경향, 06.2 기압, 하층 운형



❀ **예보의 종류**

예보에는 초단기 예보, 단기 예보, 중기 예보, 장기 예보, 기상 특보 등이 있다.

(1) **초단기 예보**　초단기 예보는 3시간 예보로서, 오늘과 내일의 예보를 하루에 3시간 간격으로 8회 발표한다.

(2) **단기 예보**　단기 예보는 1일~3일간의 예보로서, 주로 일일 예보에 이용한다. 단기 예보에서는 수치 예보와 함께 종관 일기 예보 방법이 함께 사용된다. 종관 일기 예보는 중위도 저기압계의 생성, 발달, 이동에 대한 모형을 이용하는 것으로서, 수치 예보 이전에 사용하던 방법이다. 단기 예보는 종관 일기 예보와 기상 위성 자료, 수치 예보 등을 함께 이용하므로 예보의 정확성이 높다.

(3) **중기 예보**　중기 예보는 3일~2주일의 예보로서, 주간 예보에 이용된다. 최근에는 슈퍼컴퓨터를 이용하기 때문에 예보의 정확도가 80 % 이상으로 향상되었다.



❷ 기상청의 슈퍼컴퓨터 3호기

(4) **장기 예보**　장기 예보는 1개월이나 3개월 동안의 일기를 예보하며, 월간 예보나 계절 예보로 이용된다. 장기 예보는 아직은 정확도가 낮은 편이다.

(5) **기상 특보**　기상 특보는 악기상으로 재해가 예상될 때 발표된다. 기상 특보에는 주의보와 경보가 있다. 기상 특보는 강풍, 풍랑, 호우, 대설, 건조, 폭풍 해일, 지진 해일, 한파, 태풍, 황사, 폭염 등이 발표 기준에 도달했을 때 발표한다. 국가 재난 정보 센터에서는 각각의 특보가 발령되었을 때 취해야 할 국민 행동 요령을 정해 놓고 있다.

## 탐구 활동 일기도와 일기 예보

분석/예측

**목 표**

기상청 홈페이지에 접속하여 여러 가지 기상 자료를 보고, 현재의 날씨나 앞으로의 날씨를 분석할 수 있다.

**준 비 물**

인터넷에 접속할 수 있는 컴퓨터

**과정**

❶ 컴퓨터를 켜고 인터넷에 접속하여 기상청 홈페이지(http://www.kma.go.kr)에 들어간다.

❷ [날씨] → [날씨 영상] → [분석 일기도] 순으로 눌러 최근 3일간 같은 시각의 일기도를 본다.

❸ [날씨] → [날씨 영상] → [기본 영상] → [천리안 기상 위성] → [아시아] → [적외 영상] 순으로 눌러 최근 3일간 같은 시각의 구름 분포를 본다.

❹ [날씨] → [날씨 영상] → [기본 영상] → [천리안 기상 위성] → [아시아] → [합성 영상] 순으로 눌러 최근 3일간 같은 시각의 강수 구역과 강수량 분포를 본다.

❺ 일기도와 위성 영상, 레이더 영상을 함께 보면서 날씨를 분석한다.

**탐구 도우미**

일기도와 영상 자료를 인쇄하여 비교해 보는 것이 효과적이다.

**결과** 창의 · 인성

1 최근 3일간 같은 시각의 일기도, 위성 영상, 레이더 영상을 분석하여 변화 경향을 파악하고, 다음 예와 같이 내일의 고기압과 저기압의 예상 위치를 그려 보자.

● 어제의 위치
● 오늘의 위치

50°N 40°N 30°N 20°N 110°E 120°E 130°E 140°E 150°E

170 Ⅱ. 기권과 우리 생활

## 탐구 활동 분석/예측

### 목표

기상청 홈페이지에 접속하여 여러 가지 기상 자료를 보고, 현재의 날씨나 앞으로의 날씨를 분석할 수 있다.

### 원리 설명

1 일기도에는 날씨에 대한 정보를 알려 주는 등압선, 기압 배치, 일기 기호 등이 기입되어 있다.

2 위성 영상을 통해 구름의 이동 방향과 변화하는 모습을 파악할 수 있다.

3 레이더 영상을 통해 강수 구역과 강수의 세기, 강수 구역의 이동 방향과 속도를 파악할 수 있다.

4 과거 3일간의 연속 일기도를 관찰함으로써 내일의 일기도를 예상할 수 있다.

### 유의점

1 위성 영상을 참고할 때 가시 영상은 낮에만 참고할 수 있으므로 밤낮에 관계없이 구름 영상을 보기 위해 주로 적외선 영상을 이용한다.

2 적외선 영상에서는 상층운과 하층운의 색깔이 다르게 나타나므로 이를 유의하여 해석한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 일기도와 영상 자료를 인쇄하여 겹쳐서 비교해 보면 기압 배치에 따른 구름 상태를 파악하는 데 도움이 된다.

2 위성 영상의 종류에는 주로 사용하는 적외선 영상 이외에도 가시 영상, 수증기 영상 등이 있으므로 이를 활용할 수 있다.

3 창의적으로 일기 예보 해설을 작성하고, 친구들 앞에서 기상 캐스터와 같은 방법으로 일기 예보를 해 보는 시간을 갖도록 하여 학생들이 흥미를 느끼도록 한다.

### 결과 창의 · 인성

1 다음 사항을 참고하여 내일의 예상 일기도를 그려 보도록 한다.
- 고기압과 저기압의 중심이 어느 방향으로 하루에 얼마만큼 이동하는가?
- 고기압과 저기압의 중심 기압은 어떻게 변하고 있는가?
- 전선의 위치나 간격은 어떻게 변하고 있는가?

2 다음 사항을 참고하여 자신이 작성한 예상 일기도를 보면서 창의적으로 일기 예보 해설을 작성한다.
- 고기압과 저기압의 중심부에서 날씨를 해석하고, 바람의 방향을 판단한다.
- 전선 부근에서의 바람과 날씨를 해석한다.

### 평가 기준표

| | 평가 문항 | 점수(✓) 상 중 하 |
|---|---|---|
| 태도 (인성) | 1. 일기도 작성과 일기 예보 해설 작성에 열심히 참여하였는가? | □ □ □ |
| | 2. 일기 예보를 하는 데 적극적으로 참여하였는가? | □ □ □ |
| 결과 (창의) | 1. 예상 일기도는 적절하게 그려졌는가? | □ □ □ |
| | 2. 작성한 예상 일기도를 바르게 해석하였는가? | □ □ □ |

2 개략적으로 작성한 고기압과 저기압의 예상 위치를 토대로 기상 캐스터의 일기 예보 해설을 작성하여 일기 예보를 해 보자.

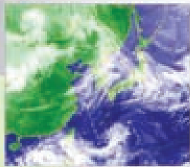
탐구의 확장 일기도 분석

과정

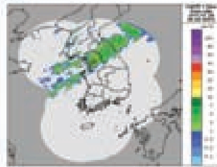
1 다음 그림은 서울을 비롯한 중부 지방에 집중 호우가 내렸던 2011년 7월 28일 09시의 일기 자료이다. 각 일기 자료를 보고 우리나라 부근의 일기를 분석해 보자.



❶ 일기도



❷ 기상 위성 사진



❸ 레이더 영상 사진

2 당시의 일기에 대한 기사를 검색해 보자.

해석

1 레이더 영상 사진에서 중부 지방에 동서 방향으로 걸쳐 있는 초록색 부분은 무엇을 의미하는가?

2 이날 우리나라 중부 지방의 기상 상황에 대한 기사를 검색하여 중부 지방에는 어떤 일이 일어났는지 조사해 보자.

2. 기권의 변화 171

## 과학 돋보기

### ❀ 일기도 작성 요령

일기 예보에서 가장 기본적으로 사용하는 자료 중 하나는 지상 일기도이다. 지상 일기도는 지상 부근의 대기 상태를 알려 주는 기본 자료로서, 전 세계의 기상 관측소에서 관측된 자료를 바탕으로 하여 작성된다.

(1) **등압선 그리기** 1,000 hPa 선을 기준으로 하여 4 hPa 간격으로 그린다. 기압 값이 다른 두 등압선이 교차하거나 갈라지지 않게 그리며, 관측 값이 없는 곳은 근처의 관측 값에서 거리 비례로 어림하여 그린다.

등압선은 자료가 많은 곳(주로 육지)이나 자료의 신빙성이 높은 곳부터 그린 다음 주위로 확장해 나간다.

(2) **고기압과 저기압 표시** 주변보다 기압이 높은 곳과 낮은 곳의 중심을 찾아 고기압의 중심에는 파란색으로 '고' 자를 기입하고, 저기압의 중심에는 붉은색으로 '저' 자를 기입한다.

(3) **전선 그리기** 저기압을 중심으로 기온, 기압, 수증기량, 풍향 등이 급변하는 곳을 찾아 그 경계를 연결하여 그린다. 전선은 표시된 일기 기호를 보고 찾아서 표시하므로 일기 요소에 포함하지 않는다.

## 탐구의 확장

### 해석

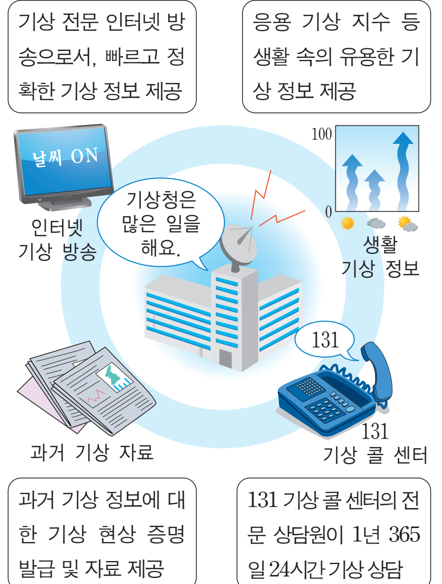
1 위성 사진에서 우리나라는 구름에 덮여 있고, 레이더 영상에서 우리나라 중부 지방에 비구름이 걸쳐 있는 것을 볼 수 있다. 이것은 일기도에 나타난 북태평양 고기압이 우리나라 북서쪽에서 오는 공기 덩어리와 대치하면서 형성된 비구름이다.

2 북태평양 고기압의 따뜻하고 습한 공기가 남서풍을 따라 우리나라에 유입되고, 북동쪽 사할린 부근의 고기압 때문에 기압계의 흐름이 정체되어 서울, 경기, 인천, 강원 북부 지역에 국지성 집중 호우가 발생했다. 기상청은 27일 밤부터 28일 오전 사이에 강한 돌풍과 천둥 · 번개를 동반한 시간당 60 mm 이상의 매우 강한 비가 내렸다고 보도했다.

### 관련 지식

#### ❀ 기상청에서 하는 일

기상청에서는 매일 기온, 기압, 습도, 바람과 같은 대기의 상태 변화를 기록하기 위하여 기상 관측망을 운영하는 것 이외에도 재난이나 재해의 예측 및 방지를 위한 업무, 고층 대기 연구 및 원격 탐사, 지진 및 지진 해일에 대한 감시, 기후 변화 감시, 황사 관측, 기상 위성 운용, 기상 정보의 유통 및 서비스 업무 등을 하고 있다.




❹ 기상청에서 하는 일

## | 관련 지식 |

### ❀ 우리나라 사계절의 날씨

우리나라의 날씨는 비교적 사계절이 뚜렷하다.

(1) **봄철**　이동성 고기압의 통과로 잦은 날씨 변화가 나타난다. 이른 봄에는 시베리아 고기압을 이루고 있던 찬 공기 덩어리가 떨어져 나와 우리나라를 지나가면서 대략 4일 주기로 맑고 흐린 날씨가 반복되는 현상이 나타난다. 이러한 현상을 '꽃샘추위'라고 한다. 꽃샘추위는 초봄에 날씨가 풀린 뒤 다시 찾아오는 일시적인 추위를 가리키는 고유어이다. 꽃이 피는 것을 시샘하는 듯이 춥다고 해서 이 이름이 붙여졌다.

(2) **여름철**　바람이 약하고 무더운 날씨를 보이며, 바다에서 만들어진 북태평양 기단의 영향으로 습도가 높다. 이에 따라 열대야가 나타나기도 한다.

(3) **가을철**　맑고 선선한 날씨가 오랫동안 지속된다. 이것은 양쯔 강 유역에서 만들어진 선선하고 건조한 공기 덩어리가 지나가기 때문이다. 대륙에서 발달한 건조한 공기 덩어리는 습도가 낮아 상승 응결 고도가 매우 높으므로 구름이 없거나 높게 형성되어 천고마비라는 말이 생겨나기도 하였다.

(4) **겨울철**　찬 시베리아 기단의 영향으로 춥고 건조한 날씨가 지속된다. 또한 시베리아 기단의 팽창과 수축으로 삼한 사온 현상이 나타나기도 한다.

### ❀ 계절별 일기도

사계절의 날씨가 뚜렷한 만큼 일기도도 봄철과 가을철을 제외하고는 비교적 뚜렷하게 구분되는 편이다. 겨울철 일기도는 북서쪽에 시베리아 고기압이 강하게 발달하고 등압선의 간격이 좁다. 여름철의 일기도는 등압선의 간격이 넓고 남동쪽에 고기압이 나타난다. 봄철과 가을철에는 비교적 규모가 작은 이동성 고기압과 저기압이 교대로 우리나라를 지나가거나 작은 고기압들이 연이어 지나간다.



우리나라의 계절별 기압 배치와 날씨

우리나라는 대륙과 해양이 만나는 중위도에 위치한다. 따라서 여러 기단의 영향을 번갈아 가며 받아 사계절이 뚜렷하고, 편서풍의 영향으로 일기 현상과 기압 배치가 서에서 동으로 이동한다.

봄철_ 이동성 고기압이 3~4일 간격으로 통과하여 날씨 변화가 심하다. 때때로 대륙에서 시베리아 기단이 확장하면 꽃샘추위가 나타나고, 중국으로부터 모래 먼지가 편서풍을 타고 날아오므로 황사 현상이 나타난다.

가을철_ 이동성 고기압이 연이어 통과하므로 맑고 선선한 날씨가 나타나며, 하루 중 기온의 일교차가 커서 안개가 자주 낀다.

여름철_ 초여름 장마 전선의 영향으로 많은 비가 내리는 경우가 많으며, 오호츠크 해 고기압이 쇠퇴하고 북태평양 고기압이 발달하면 장마가 끝나게 된다. 여름철에는 남고북저형 기압 배치로 남쪽에 위치한 북태평양 고기압의 영향을 받으므로 무덥고 습한 날씨가 나타난다. 또 열대 해상에서 발생한 태풍이 통과하기도 한다.

겨울철_ 시베리아 고기압의 확장으로 우리나라 서쪽에 고기압이 위치하여 서고동저형 기압 배치가 된다. 따라서 북서풍이 강하게 불어와 한랭 건조한 날씨가 된다. 시베리아 고기압의 확장으로 한파가 나타나며, 해안과 섬 지방에서는 폭설이 내리기도 한다.



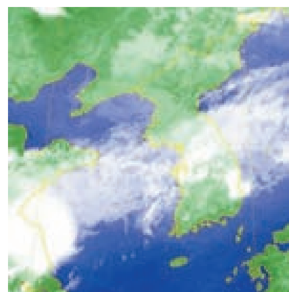
172　Ⅱ. 기권과 우리 생활

## 과학 돋보기

### ❀ 태풍과 장마

(1) **태풍**　태풍은 일기도에서 동심원 모양의 등압선으로 나타나기 때문에 쉽게 구분된다. 태풍은 열대 해상에서 형성된 강한 저기압이므로 많은 비와 강한 바람을 몰고 온다. 최근에는 지구 온난화 때문에 해수면의 온도가 높아지면서 태풍의 강도가 증가하고 있으며, 강풍과 호우에 따른 피해가 더 커질 가능성이 있다.

(2) **장마**　우리나라에 많은 비를 몰고 오는 장마는 대개 초여름에 나타난다. 이 시기에는 북태평양 기단이 확장하다가 북쪽의 찬 기단에 가로막혀 우리나라 부근에서 오래 머무는 시기이다. 시간이 지나면 북반구의 기온이 높아지므로 북태평양 기단은 더욱 확장하여 장마 전선을 북쪽으로 밀어낸다. 한편, 장마는 가을철에도 나타난다. 이때에는 북쪽의 찬 기단이 북태평양 기단을 빠르게 밀어내면서 남하하기 때문에 비교적 짧게 끝난다.



❺ 장마철 구름 사진

**날씨와 우리 생활**

날씨는 우리 생활과 밀접한 관련이 있다. 날씨는 항공기나 선박의 운항에도 결정적인 영향을 미치며, 농업이나 어업은 물론 야외 행사나 여가 활동에도 많은 영향을 미친다. 따라서 일기 예보를 참고하여 계획을 세우고, 날씨를 살펴 가며 일을 진행하면 안전성, 경제성, 효율성 등을 높일 수 있다. 또 에어컨이나 난로 등의 계절 용품, 빙과류나 음료수 등의 생산량을 계획할 때에는 장기 예보를 참고하는 것이 좋다.

그림 Ⅱ-70 일기 예보의 이용


여행, 레저, 항공기 운항 / 농업 / 어업, 선박 운항

태풍이 지나가거나 호우·폭설이 내려 건물이 부서지고 과일이 떨어지며, 선박이나 항공기의 사고 등을 뉴스를 통해서 접하기도 한다. 이와 같이 태풍, 호우, 폭설, 강풍, 한파 등의 기상 현상으로 일어나는 피해를 **기상 재해**라고 한다.

그림 Ⅱ-71 기상 재해




2. 기권의 변화 173

## | 관련 지식 |

### 일기 예보의 이용

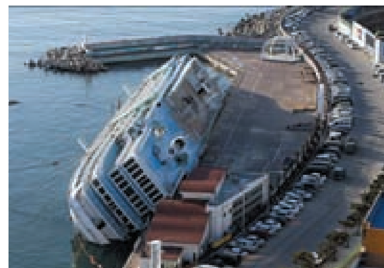
일기 예보는 우리의 일상생활에 매우 다양하게 이용된다. 과거 농업이 주를 이루던 시대에는 일기 예보가 주로 작물의 효율적인 생산과 관리를 위해 필요하였다. 그러나 현대에 와서는 인간의 활동 영역이 넓어지면서 일기 예보가 매우 다양하게 이용되고 있다. 현대에는 일기 예보가 일상생활이나 건강 관리 외에 산업에도 이용되고 있다.

농업에서는 작물의 파종이나 수확 시기의 결정뿐만 아니라 농업 시설의 운용이나 농약 살포 시기의 결정 등과 같은 세부적인 부분에까지 이용된다. 그리고 축산업에서는 가축의 건강 관리와 우유나 달걀 등과 같은 부산물의 생산 관리에도 이용된다.

또한 항공기의 운항과 같은 운송 산업, 냉방이나 난방과 같은 에너지 산업, 각종 농산물과 공산품의 유통과 소비 예측 등에도 이용되며, 건설에서는 각종 공사 시기나 여건을 판단하는 데에 이용된다.

### 기상 재해

기상으로 인한 주요 재해에는 태풍, 호우, 대설, 폭풍, 가뭄, 해일 등이 있다. 이 중에서도 우리나라에 가장 큰 피해를 주는 재해는 태풍과 호우이다. 1916년에서 2010년 사이 우리나라에 가장 큰 피해를 준 재해는 2002년의 태풍 루사와 2003년의 태풍 매미가 각각 1, 2위를 차지한다. 2002년의 태풍 루사 때에는 순간 최대 풍속이 43.7 m/s, 최대 일강우량이 870.5 mm에 달했으며, 이 때문에 246명이 사망하고, 63,085명의 이재민이 발생하였다. 태풍 루사로 인한 피해액은 당시 금액으로 5조 1천억 원이 넘었다. 또한 2003년의 태풍 매미는 순간 최대 풍속이 60 m/s, 최대 일강우량이 453 mm를 기록하였으며, 이로 인해 131명이 사망 또는 실종되고, 61,844명의 이재민이 발생하였다. 당시 피해액은 4조 2천억 원이 넘었다. 이와 같이 기상 재해는 단기간에 엄청난 피해를 준다. 기상 재해를 방지하기 위해서는 정확한 기상 예보 능력을 확보하고 피해를 줄이기 위해 노력해야 한다.


태풍으로 좌초된 배의 모습

### 날씨와 전쟁

역사적으로 날씨는 전쟁에서 승패를 결정짓는 중요한 요인이 되기도 했다. 그 대표적인 예가 1812년 나폴레옹의 러시아 원정이다. 나폴레옹은 러시아를 굴복시키기 위해 50만 대군을 이끌고 러시아를 침공하였다. 모스크바까지 진격했던 나폴레옹은 러시아로부터 2,400 km의 먼 거리를 귀환하다가 러시아의 겨울 추위 때문에 질병과 동사로 대부분의 병사들을 잃었다. 이때 나폴레옹과 함께 귀국한 프랑스 병사들은 겨우 1만 명 정도밖에 되지 않았다. 이 전쟁으로 나폴레옹은 몰락의 길을 걸었다.


나폴레옹의 러시아 원정 기록화

## 기상 마케팅

날씨에 따라 생활하는 환경 여건이 달라지므로 사람들의 생활 방식도 달라진다. 일상생활이나 여가 활동 등에 필요한 물품들이 달라지고, 날씨에 따라 판매되는 상품의 종류와 판매량도 달라진다. 그러므로 정확한 기상 정보를 바탕으로 수요를 예측함으로써 생산량을 조절하여 이익을 늘리고, 재고를 줄일 수 있다.

날씨 변화를 예측하는 것은 우리 생활에 많은 편리함을 제공할 뿐만 아니라 사업의 성공을 가져다주는 필수적인 요소이다. 이에 따라 앞으로는 모든 산업 분야에서 기상 마케팅의 필요성이 커지고, 이를 전달하는 기상 마케터의 역할도 증대될 것으로 예상된다. 우리나라 경제는 수출과 수입이 매우 큰 비중을 차지하므로 기후 변화 정보와 세계의 기상 정보를 바탕으로 하는 기상 마케팅도 중요성을 더해 갈 것이다.


과학 자료실 | 기상 마케터

기상 정보를 바탕으로 판매 전략을 수립하여 적용하는 것을 기상 마케팅이라고 하며, 이 일을 하는 사람을 기상 마케터라고 한다. 기상 마케터는 기상 정보를 바탕으로 상품의 생산과 판매 전략을 세워 회사의 경영자나 담당자들에게 제공하는 일을 한다.

기상 마케팅의 필요성이 높은 상품에는 선풍기, 에어컨, 난로, 가습기 등의 계절 가전제품과 빙과류와 탄산음료 등이 있다. 또 농업이나 어업처럼 날씨의 영향을 많이 받는 업종의 상품도 이에 해당한다.

⊖ 기상 마케팅_ 기상 정보는 여행, 레저, 기업 경영 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 사회 현상 연관 짓기 |
| --- | --- | --- | --- |
| | 기상청에서 기상 재해가 예상될 때 발표하는 것은 무엇인가? | 기상청에서 기상 특보를 발표했을 때, 우리들이 해야 할 일은 무엇인가? | 기온이 높을수록 탄산음료의 판매가 증가하는 반면, 우유와 요구르트의 판매가 감소하는 이유는 무엇일까? |

174

### 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

각종 기상 현상으로 인해 재해 발생의 우려가 있을 때 이를 경고하기 위해 기상청에서는 기상 특보를 발표한다. 특보의 종류에는 주의보와 경보가 있으며, 특보를 발표하게 되는 기상 현상의 종류에는 강풍, 풍랑, 호우, 대설, 건조, 해일, 한파, 태풍, 황사, 폭염 등이 있다. 예를 들어, 호우 관련 특보에는 호우 주의보와 호우 경보가 있다. 일반적으로 경보는 주의보보다 더 광범위하고 큰 피해가 예상될 때 발표한다.

▶ 생활 속 문제 해결하기

라디오, 텔레비전, 인터넷 등을 통해 기상청의 발표 내용을 청취하고, 재난 대비 국민 행동 요령에 따라 대응한다. 예를 들어, 호우 주의보나 호우 경보 시에는 저지대 및 상습 침수 지역에 거주하고 있는 사람은 대피를 준비하며, 물에 떠내려 갈 위험이 있는 물건은 안전한 장소로 옮기도록 한다. 또한 가로등이나 신호등 및 고압선 근처에는 가까이 가지 않도록 한다.


⊖ 폭우로 도로가 물에 잠긴 모습

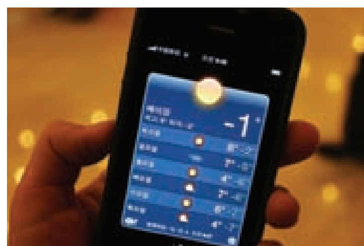
▶ 과학과 사회 현상 연관 짓기

기온이 높아지면 더위에 따른 갈증 때문에 탄산음료를 찾는 사람이 늘고, 우유나 요구르트는 변질될 위험이 높아지므로 판매량이 감소한다. 우유나 요구르트는 균이 살아 있기 때문에 신선도가 중요하다. 따라서 이것들은 저온 상태에서 보관해야 하며, 기온이 높아지면 균이 급격히 번식하여 우유나 요구르트가 상하게 된다.




### ❀ 기상 마케팅

날씨와 소비의 관계를 분석하여 생산과 판매 계획을 수립하는 마케팅으로서, 날씨 마케팅이라고도 한다. 일반적으로 소비 동향은 날씨에 좌우되는 경향이 강해서 날씨가 좋을 때에는 소비 활동이 활발하게 이루어지고, 반대로 악천후의 경우에는 소비 활동이 둔해지는 것으로 알려져 있다. 또한 더위가 심한 해에는 에어컨이나 아이스크림, 청량음료 등의 수요가 늘고, 추위가 심한 해에는 보온에 필요한 의류나 난방용 유류의 수요가 늘어난다. 이와 같이 날씨와 소비의 관계는 상당히 밀접한 관계가 있다.


⊖ 여행지 기상 정보 검색

기상 마케팅은 의류 생산 업체나 놀이공원, 농업, 식품 유통업, 가전제품 제조 업체들이 주로 이용하고 있으며, 판매, 재고 관리, 생산, 주력 상품이나 출입하는 고객의 수 등을 예상하는 데 기상 정보를 이용한다. 최근에는 우리나라에도 세계 각지의 날씨 정보와 기상청 자료를 이용하여 소비자가 원하는 부분의 날씨 정보를 제작하여 판매하는 회사도 생겨나고 있다.

## 우리나라 최초의 기상 위성, '천리안'

2010년 6월 27일 남아메리카에 있는 기아나 우주 센터에서 아리안 로켓에 실려 통신 해양 기상 위성 '천리안'이 발사되었다. 천리안은 우리나라 과학자들이 연구 개발하여 만든 최초의 기상 위성이며, 우리나라는 세계에서 일곱 번째로 기상 위성을 가진 국가가 되었다.

천리안 위성은 가시광선과 적외선을 이용하여 우리나라는 물론 아시아와 태평양 지역의 구름과 수증기 분포 및 이동, 지표와 해수면의 온도 등의 자료를 수집한다. 또 특정 지역을 집중적으로 관측할 수 있기 때문에 봄철의 황사 현상이나 여름철의 태풍 등에 의한 기상 재해에 더욱 신속하고 적절하게 대비할 수 있게 되었다.

또한 천리안의 관측 자료를 이용하여 우리나라 주변의 해양 환경을 실시간으로 관측하고 파악하여 해양 자원의 관리와 환경 보전을 효과적으로 실시할 수 있다. 따라서 체계적으로 해양과 관련된 연구를 하게 되고, 나아가 기후 변화 등 지구 환경의 변화를 연구할 수 있는 자료를 얻을 수 있게 되었다.



▲ 천리안 위성이 보내온 사진_ 우리나라 부근으로 다가오는 태풍의 모습이 선명하게 보인다.



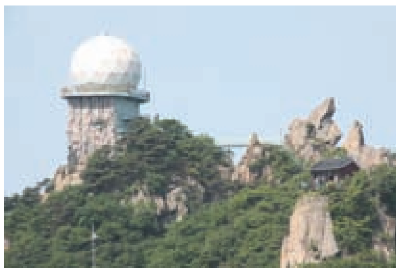

▲ 통신 해양 기상 위성이 하는 일



### ❀ 기상 레이더

기상 요소를 관측하는 기구로서, 기상 현상을 탐지하는 데 중요한 역할을 한다. 기상 레이더는 구름의 형태와 입자의 속도, 강수량 등을 관측하고, 폭풍, 폭설, 호우, 태풍, 저기압 등의 포착과 예보 및 연구에 중요한 자료를 제공한다.

기상 레이더에서는 보통 1~10 cm 파장의 마이크로파를 이용한다. 송신 안테나에서 1.3°~1.7°의 각도로 원추형 빔을 발사하면 이 마이크로파가 구름 입자나 강수 입자와 충돌하여 산란되고, 일부는 반대 방향으로 반사되어 되돌아오는데, 되돌아오는 마이크로파를 레이더의 수신 안테나에서 포착한다. 레이더는 하나의 안테나로 전파의 송수신을 하며, 발사된 전파가 되돌아올 때까지의 시간으로 반사물까지의 거리를 추정하고, 빔의 방향을 수평·수직 방향으로 변화시켜 반사파를 측정하면 구름의 수평 및 수직적인 3차원 구조를 알아낼 수 있다. 또한 레이더가 수신하는 반향 강도는 빔 속에 존재하는 강수 입자의 반지름과 총량에 비례하므로 강수 강도도 추정할 수 있다.



▲ 관악산 기상 레이더

## 융합 STEAM

### ❀ 기상 위성

지구 궤도를 돌면서 구름 상태와 같은 여러 가지 기상 요소들을 관측하는 인공위성으로서, 극궤도 위성과 정지 궤도 위성이 있다.

극궤도 기상 위성은 수백 km 상공에서 남북 방향으로 지구를 회전하면서 기상 상태를 관측한다.

우리나라 상공을 관측하는 위성은 미국의 NOAA 위성으로서, 약 850 km 고도에서 관측을 수행하고 있다. NOAA 12호는 오전 9시와 오후 9시경, NOAA 14호는 오전 3시와 오후 3시경에 각각 우리나라를 통과한다.

정지 기상 위성은 적도 상공 35,800 km 고도에서 지구의 자전과 같은 각속도로 지구 주위를 돌면서 관측하는 위성이다.

우리나라의 천리안 위성(COMS)은 동경 128.2°의 적도 상공에 떠서 우리나라와 함께 움직이므로 항상 우리나라 상공의 대기를 관측할 수 있다.

### ❀ 천리안 위성

우리나라가 프랑스와 공동으로 개발한 우리나라의 위성으로서, 해양 관측, 기상 관측, 통신 서비스를 수행하는 정지 궤도 복합 위성이다.

천리안 위성은 2010년에 발사되었으며, 중량은 2.5 t, 해양 탑재체의 해상도는 500 m, 기상 탑재체의 해상도 중 가시광선은 1 km, 적외선은 4 km이다.

기상 탑재 시스템은 기상 임무를 수행하며, 태풍, 집중 호우, 황사 등 위험 요소들을 조기에 탐지하는 기능과 장기간의 해수면 온도, 구름 자료를 통한 기후 변화를 분석한다.

천리안 위성은 평상시에는 15분 간격으로 기상 정보의 획득이 가능하며, 비상시에는 특별 관측으로 8분 간격으로 기상 정보를 제공할 수 있다.

# 대단원 마무리

## Ⅲ. 기권과 우리 생활

### 개념 정리하기

**| 정답 |**

㉠ 지권 → 기권: 화석 연료의 사용량 증가로 대기 중의 이산화 탄소 농도가 증가한다. 또한 화산 활동으로 다량의 화산재가 분출하여 기후 변화를 일으킨다.

㉡ 기권 → 지권: 바람에 의해 풍화와 침식 작용이 일어난다. 또한 강수에 의해 기권의 성분이 지권에 유입된다.

㉢ 기권 → 수권: 지구 온난화로 빙하의 면적이 감소한다. 또한 적도 부근의 해상에서 무역풍이 약하게 불면 엘니뇨 현상이 발생한다.

㉣ 수권 → 기권: 해수면의 온도가 상승하여 열대 저기압이 발생한다. 또한 시베리아 기단이 황해를 지나면서 점차 불안정해진다.

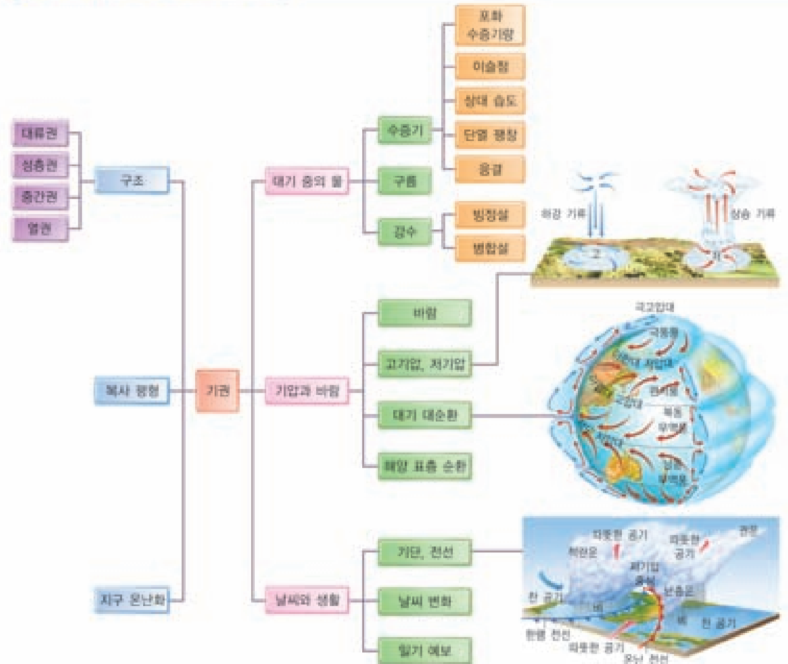
㉤ 기권 → 생물권: 바람에 의해 종자와 포자가 운반된다. 또한 생물체에 이산화 탄소와 산소를 공급한다.

㉥ 생물권 → 기권: 광합성과 호흡으로 기권의 기체를 흡수하고 방출한다. 또한 숲의 면적 감소로 대기 중의 이산화 탄소 농도가 증가한다.

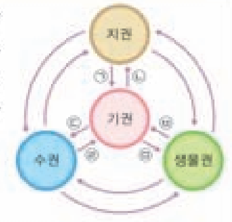
대단원 마무리

Ⅱ. 기권과 우리 생활

개념 정리하기




지구계에서 기권은 대기 대순환을 통해 다른 권과 끊임없이 상호 작용을 하고 있다. 오른쪽 그림에서 기권과 각 권의 상호 작용의 예를 한 가지씩만 들어 보시오.






### 과학 돋보기

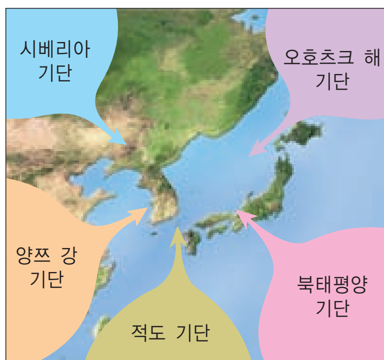
**❀ 우리나라의 날씨에 영향을 주는 기단의 종류와 특징**

우리나라는 북반구 중위도의 대륙과 해양이 만나는 경계에 위치하여 사계절이 뚜렷하며, 계절에 따라 성질이 다른 기단의 영향을 받게 되므로 특징적인 날씨 변화가 나타난다.

(1) **여름철** 고온 다습한 북태평양 기단의 영향을 받아 무덥다.

(2) **겨울철** 한랭 건조한 시베리아 기단의 영향을 받아 한파가 나타난다.

(3) **봄철과 가을철** 온난 건조한 양쯔 강 기단의 영향을 받아 비교적 쾌적한 날씨가 나타난다.

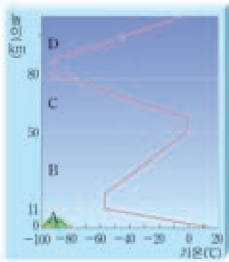



| 영향을 주는 기단과 기단의 성질 | 시베리아 기단(한랭·건조) | | 양쯔 강 기단(온난·건조) | | | 오호츠크 해 기단(한랭·다습) | 북태평양 기단(고온·다습) | | 오호츠크 해 기단(한랭·다습) | 양쯔 강 기단(온난·건조) | | 시베리아 기단(한랭·건조) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 월 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 계절 | 겨울 | | 봄 | | | 여름 | | | 가을 | | | 겨울 |
| 주요 기상 현상 | 폭설·한파 | | 황사 / 온난 | | | 장마 | 무더위 / 태풍 | | 온난 | | | 폭설·한파 |
| | 건조 | | | | | 다습 | 호우 | | | 건조 | | |

❻ 우리나라의 날씨에 영향을 주는 기단과 기단의 성질 및 주요 기상 현상

## 개념 적용하기

[1~2] 그림은 높이에 따른 기권의 기온 분포를 나타낸 것이다.




**1** 대류 현상이 일어날 수 있는 구간을 모두 고르시오.

**2** 기상 현상이 일어나는 구간과 오존층이 자외선을 흡수하는 구간을 차례대로 고르시오.

**3** 지구로 입사되는 태양 복사 에너지 중 지구에 흡수되지 않고 반사되는 에너지의 비율로 옳은 것은?

① 0 % ② 30 %
③ 50 % ④ 70 %
⑤ 100 %

**4** 〈보기〉에서 적도에서 극으로 갈 때 그 값이 작아지는 것을 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. 태양 고도
ㄴ. 지표면의 온도
ㄷ. 지표면에서 흡수되는 태양 복사 에너지
ㄹ. 지표면에서 방출되는 지구 복사 에너지

**5** 지구의 복사 평형에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 에너지의 이동이 가장 활발한 곳은 중위도이다.
② 에너지의 이동은 대기와 해수에 의해 일어난다.
③ 저위도가 에너지를 많이 받는 주된 이유는 태양으로부터의 거리가 가장 가깝기 때문이다.
④ 고위도에서는 입사되는 태양 복사 에너지의 양보다 방출되는 지구 복사 에너지의 양이 더 많다.
⑤ 지구가 일정한 온도를 유지하는 것은 지구가 태양으로부터 흡수한 것과 같은 양의 에너지를 방출하기 때문이다.

**6** 〈보기〉는 지구계 각 권에서 탄소가 존재하는 형태를 나타낸 것이다. 연결이 옳은 것을 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. 기권 - 이산화 탄소 ㄴ. 수권 - 탄산
ㄷ. 지권 - 석회암 ㄹ. 생물권 - 유기물

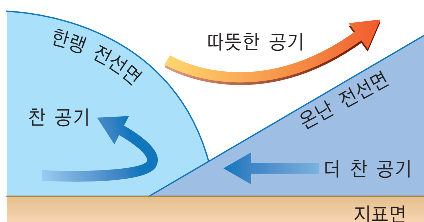
대단원 마무리 177



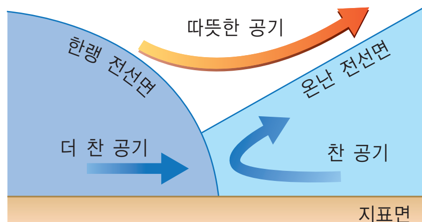

### ❀ 폐색 전선

(1) **폐색 전선의 형성** 이동 속도가 빠른 한랭 전선이 이동 속도가 느린 온난 전선을 추월하여 겹쳐지면 폐색 전선이 형성된다.

(2) **폐색 전선 부근에서의 날씨** 폐색 전선이 형성된 지표에서는 온난 전선이나 한랭 전선 중 한 가지 특성만 나타난다. 온난 전선의 특성만 나타나는 경우를 온난형 폐색 전선이라고 하며, 한랭 전선의 특성만 나타나는 경우를 한랭형 폐색 전선이라고 한다.




**❸ 온난형 폐색 전선**_ 한랭 전선이 온난 전선면을 타고 오른다.




**❹ 한랭형 폐색 전선**_ 한랭 전선이 온난 전선 아래로 파고들어간다.

## 개념 적용하기

**1** A, C

[해설] 대류 현상은 위로 갈수록 기온이 낮아지는 구간인 대류권과 중간권에서 일어날 수 있다.

**2** A, B

[해설] 기상 현상이 일어나는 구간은 대류권인 A이며, 오존층이 자외선을 흡수하는 구간은 성층권인 B이다.
기상 현상은 기권 중 대류권에서만 일어나는데, 그 이유는 수증기가 존재하기 때문이다. 오존층은 기권 중 성층권 내에서 고도 20~30 km 부근에 오존의 밀도가 높은 구간을 말한다. 오존층은 태양으로부터 오는 유해한 자외선을 차단하는 우산과 같은 역할을 한다.

**3** ②

[해설] 지구의 연중 평균 반사율을 보면 지표면은 4 %, 대기는 26 %로서, 합쳐서 약 30 %이다. 그러나 눈이 많은 극지방과 구름이 많은 적도 지역을 비교하면 반사율에는 큰 편차가 있다.

**4** ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

[해설] ㄱ. 태양의 고도는 지표면과 태양 광선이 이루는 각이므로 저위도로 갈수록 높고, 극으로 갈수록 낮다.
ㄴ. 지표면의 온도는 극으로 갈수록 낮아진다.
ㄷ. 지표면에서 흡수되는 태양 복사 에너지의 양은 같은 면적의 지표면에 입사되는 태양 복사 에너지의 양이 많은 저위도로 갈수록 커진다.
ㄹ. 지표면에서 방출되는 지구 복사 에너지의 양은 지표면의 온도가 높은 저위도로 갈수록 많아진다.

**5** ③

[해설] 고위도보다 저위도가 태양 복사 에너지를 많이 받는 이유는 태양 광선과 지표면이 이루는 각인 태양의 고도가 높기 때문이다.

**6** ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

[해설] 지구계 각 권에서 탄소의 존재 형태는 기권에서는 이산화 탄소, 수권에서는 탄산, 지권에서는 석회암, 생물권에서는 유기물이다.

## 개념 적용하기

**7** C

[해설] 상대 습도는 포화 수증기량이 많을수록, 수증기량이 적을수록 낮다. 따라서 상대 습도는 기온이 높을수록, 이슬점이 낮을수록 낮다.

**8** ④

[해설] 빙정설은 온대나 한대 지방에서 내리는 비를 설명하는 이론이다. −40~0℃의 구름 내에서는 과냉각 물방울 표면에서 증발한 수증기가 빙정에 달라붙어서 빙정이 커진다. 이와 같이 성장한 빙정이 그대로 떨어지면 눈이 되고, 떨어지다가 녹으면 비가 된다.

**9** ①

[해설] 1기압은 수은 기둥 76 cm의 압력과 거의 같으며, 지표에서 높은 곳으로 갈수록 기압이 낮아진다. 기압 차가 생기는 근본 이유는 공기의 가열과 냉각에 따른 기온 차 때문이다.

**10** 대기 대순환에 의해서 일정한 방향으로 계속 부는 바람이 해수면과 마찰을 일으켜 표층 해류가 생기므로, 표층 해류는 대기 대순환과 비슷하게 나타난다.

**11** ㄴ, ㄹ

[해설] ㄱ. 저기압 중심인 A 지점은 흐리고 비가 내린다.

ㄴ. 한랭 전선의 뒤쪽인 B 지점은 북서풍이 불고 소나기가 내린다.

ㄷ. C 지점은 따뜻한 기단에 속하여 기온이 높다.

ㄹ. 온난 전선의 앞쪽인 D 지점은 층운형 구름에서 비가 내린다.

**12** (가) 여름철－북태평양 기단

(나) 겨울철－시베리아 기단

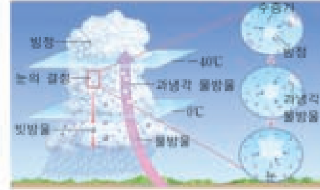
[해설] 여름철에는 남고북저형 기압 배치가 되어 남쪽에 위치한 북태평양 고기압의 영향을 받으므로 무덥고 습한 날씨가 나타난다. 겨울철에는 시베리아 고기압의 확장으로 우리나라 서쪽에 고기압이 위치하여 서고동저형 기압 배치가 된다. 따라서 북서풍이 강하게 불어와 한랭 건조한 날씨가 된다.

### 개념 적용하기

**7** 표는 A~E 지역에서 측정한 기온과 이슬점을 나타낸 것이다. A~E 중 상대 습도가 가장 낮은 지역은 어디인가?

| 지역 | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 기온(℃) | 10 | 15 | 20 | 20 | 20 |
| 이슬점(℃) | 10 | 10 | 10 | 15 | 20 |

**8** 그림은 구름 입자가 성장하여 비가 내리는 과정을 나타낸 것이다.



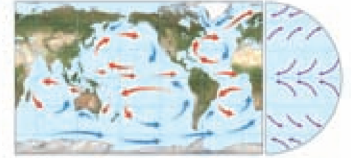

이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 온대 지방에서 내리는 비를 설명할 수 있다.
② 빙정이 커지는 층은 온도가 −40~0℃인 구름층이다.
③ 눈이 떨어지다가 따뜻한 대기층을 지나면 녹아서 비가 된다.
④ 과냉각 물방울 표면에 수증기가 응결하여 구름 입자가 커진다.
⑤ 이와 같은 과정으로 비나 눈이 내린다는 강수 이론을 빙정설이라고 한다.

**9** 기압과 바람에 대한 설명으로 옳은 것은?

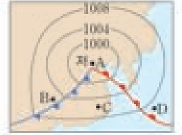
① 기압 차가 생기는 이유는 기온 차 때문이다.
② 바람은 고기압에서 저기압으로 똑바로 분다.
③ 1기압은 수은 기둥 76 m의 압력과 거의 같다.
④ 지표에서 높은 곳으로 갈수록 기압이 높아진다.
⑤ 해안에서 낮에는 육지에서 바다로 바람이 분다.

**10** 그림은 대기 대순환과 표층 해류를 나타낸 것이다.



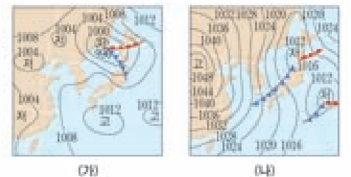
해수의 표층 순환과 대기 대순환의 모습이 비슷하게 나타나는 이유는 무엇인가?

**11** 그림은 어느 날 우리나라 부근의 일기도이다. A~D 지점의 날씨에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 모두 고르시오.




보기
ㄱ. 저기압 중심인 A 지점은 날씨가 맑다.
ㄴ. 북서풍이 불고 소나기가 내리는 곳은 B 지점이다.
ㄷ. 기온은 C 지점에서 가장 낮게 나타난다.
ㄹ. 층운형 구름에서 비가 내리는 곳은 D 지점이다.

**12** 그림 (가)와 (나)는 우리나라 주변에서 나타나는 계절에 따른 기압 배치이다.




(가)와 (나)는 각각 어느 계절의 기압 배치이며, 이때 우리나라의 날씨에 영향을 미치는 기단은 각각 무엇인지 쓰시오.

178 Ⅱ. 기권과 우리 생활

### 심화 학습 바람의 측정(풍속계)

(1) **컵 풍속계** 컵(배)의 회전 속도가 풍속에 비례하는 것을 이용한 풍속계로서, 풍배형 풍속계라고도 한다. 풍속이 자동차의 속도계와 같은 바늘 눈금으로 표시된다. 컵 풍속계에는 3배 풍속계, 로빈슨 풍속계(4배), 소형 로빈슨 풍속계(3배) 등이 있다.

(2) **에어로 베인** 풍향과 풍속을 같은 기록기를 사용해서 자동적으로 기록하는 자기 풍향·풍속계의 한 종류로서, 프로펠러 식 풍향·풍속계이다.



▲ 컵 풍속계



▲ 에어로 베인

## 개념 응용하기

탐구력 기르기

1) 다음 그림과 같이 손전등의 비추는 각도를 달리하여 책상 면을 비추어 보았다.




위의 그림 (가)~(다)에서 같은 면적이 받는 빛의 양을 등호나 부등호를 사용하여 비교하고, 그 이유를 서술하시오.

창의력 키우기

2) 대기 중 이산화 탄소의 농도가 증가할 때 지구의 복사 평형은 어떻게 변화하는지 서술하시오.

과학 글쓰기

3) 지구의 기온이 상승할 때 나타날 수 있는 현상에는 어떤 것들이 있는지 쓰시오.

탐구력 기르기

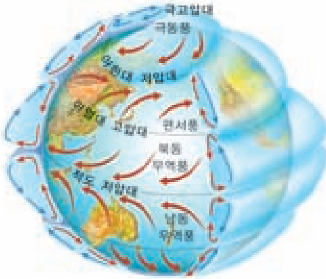
4) 표는 어느 날 시간에 따라 측정한 기온, 습도, 풍속의 변화이다.

| 측정 시각 | 기온(℃) | 습도(%) | 풍속(m/s) |
|---|---|---|---|
| 12시 | 20 | 57 | 1 |
| 13시 | 21 | 56 | 1 |
| 14시 | 23 | 56 | 3 |
| 15시 | 22 | 59 | 3 |
| 16시 | 20 | 56 | 3 |

젖은 빨래가 가장 잘 마를 것으로 예상되는 시각과 그 이유를 쓰시오.

과학 글쓰기

5) 그림은 대기 대순환의 모습을 나타낸 것이다.




대기 대순환의 모습이 위의 그림과 같이 나타나는 이유를 서술하시오.

과학 글쓰기

6) 그림은 우리나라의 날씨에 영향을 미치는 기단을 나타낸 것이다.




우리나라에서 계절별로 나타나는 날씨의 특징을 기단과 관련지어 쓰고, 대표적인 계절상품에 대하여 서술하시오.

대단원 마무리 179

## 개념 응용하기

1) (가)>(나)>(다) _ 손전등에서 나온 빛이 퍼진 면적을 비교하면 (가)<(나)<(다)이므로 같은 면적이 받는 빛의 양은 (가)>(나)>(다)이다.

2) 지구는 언제나 복사 평형을 유지하며, 기온이 더 높아진 상태에서 복사 평형이 일어난다. 대기 중 이산화 탄소의 농도가 증가하면 지표면에서 방출된 에너지 중 대기에서 흡수하는 양이 증가하여 대기의 온도가 높아지게 된다. 그러나 지구가 방출하는 지구 복사 에너지의 양은 같다. 따라서 지구의 기온이 더 높은 상태에서 복사 평형이 일어난다.

3) 저지대 침수, 환경 난민 발생, 생태계의 변화, 극지방 빙하의 융해, 기상 이변 등의 현상이 나타날 수 있다.

4) 기온이 가장 높고, 습도가 가장 낮으며, 바람이 강한 14시이다. 빨래는 습도가 낮고, 바람이 강하게 불며, 기온이 높을 때 잘 마른다.

5) 대기 대순환은 위도에 따른 온도 차이로 나타나며, 지구 자전의 영향을 받기 때문이다.

6) **봄 · 가을철**_ 양쯔 강 기단의 영향으로 온난하고 건조하며, 야외 활동이 많아지므로 운동 용품이나 등산 용품 등의 판매가 늘어난다.
**여름철**_ 북태평양 기단의 영향으로 고온 다습하며, 에어컨 등 냉방 기기와 청량음료의 판매가 증가한다.
**겨울철**_ 시베리아 기단의 영향으로 한랭 건조하며, 난방 용품과 가습기 등의 판매가 증가한다.

## 과학 돋보기

### ❀ 악기상의 종류

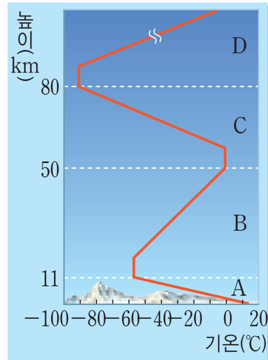
(1) **집중 호우** 짧은 시간에 좁은 지역에서 많은 양의 비가 내리는 현상을 말한다. 일반적으로 한 시간에 30 mm 이상 또는 하루에 80 mm 이상의 비가 내릴 때를 말한다. 집중 호우는 지속 시간이 수십 분에서 수 시간 정도이며, 반지름 10~20 km 정도의 비교적 좁은 지역에 비가 집중적으로 내린다. 집중 호우는 주로 강한 상승 기류에 의해 형성되는 적란운에서 발생하며, 천둥 · 번개를 동반하기도 한다.

(2) **폭설** 겨울철에 저기압이 통과할 때 많은 눈이 내릴 수도 있으며, 시베리아 고기압이 남하하면서 해수면으로부터 열과 수증기를 공급받아 눈구름이 만들어질 때 도서 지방과 충청과 호남의 서해안 지역에 많은 눈이 내린다.

(3) **강풍** 겨울철에는 강한 시베리아 고기압의 영향을 받을 때 자주 나타나고, 여름철에는 태풍의 영향을 받을 때 나타난다. 봄철에는 가열되어 따뜻한 지표면의 공기가 상승하여 상층의 찬 공기와 부딪치면서 대기가 불안정해지기 때문에 천둥과 번개를 동반한 강풍이 부는 경우가 많다.

# 대단원 평가문항 예시

[01~02] 그림은 높이에 따라 대기권을 네 개의 층으로 구분한 것이다.



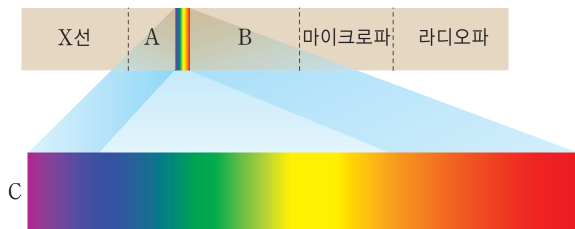

**01** 각 층의 이름을 바르게 나타낸 것은?

① A – 지표권
② B – 대류권
③ C – 성층권
④ D – 중간권
⑤ D – 열권

**02** 각 층의 특징에 대한 설명으로 옳은 것은?

① A에서는 기상 현상이 일어난다.
② A에서는 공기의 대류가 일어나기 어렵다.
③ B에서는 오로라가 나타난다.
④ C의 오존층에서는 자외선이 흡수된다.
⑤ D는 비행기의 항로로 이용된다.

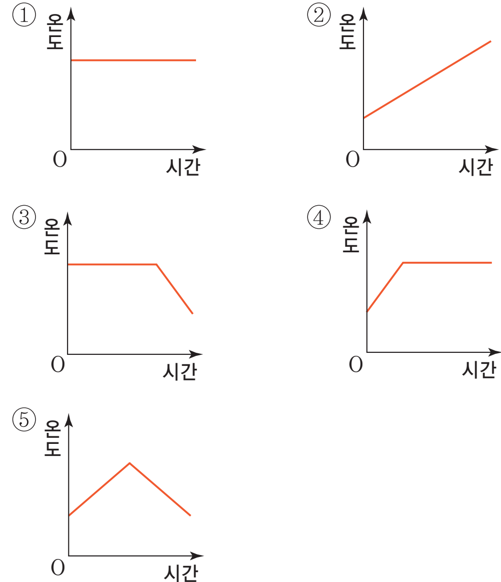
**03** 그림은 태양 복사 에너지의 구성을 나타낸 것이다.



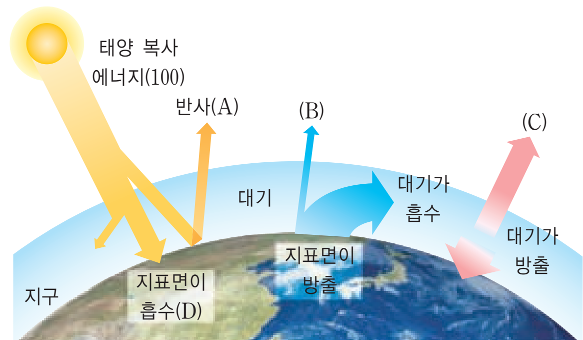

이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① A는 자외선 영역이다.
② B는 적외선 영역이다.
③ C는 가시광선 영역이다.
④ 태양 복사 에너지는 여러 파장 영역의 에너지로 나뉜다.
⑤ 태양 복사 에너지 중 가장 많은 양을 차지하는 것은 A이다.

**04** 지구의 복사 평형을 알아보기 위한 실험에서 전등으로부터 일정한 거리에 온도계를 꽂은 알루미늄 컵을 놓았을 때 알루미늄 컵 속의 온도 변화로 적절한 것은?




[05~06] 그림은 지구의 복사 평형을 나타낸 것이다.



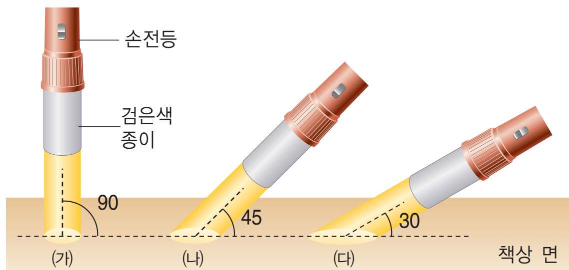

**05** 지구의 반사율은 얼마인가?

① 20 % ② 30 % ③ 50 %
④ 70 % ⑤ 85 %

**06** A~D에 대한 설명으로 옳은 것은?

① B+C는 70 %이다.
② C=A+B이다.
③ D는 30 %이다.
④ 지구에서 가장 많은 태양 복사를 흡수하는 곳은 대기이다.
⑤ 지구가 태양으로부터 받는 에너지는 지구가 우주 공간으로 방출하는 에너지보다 많다.

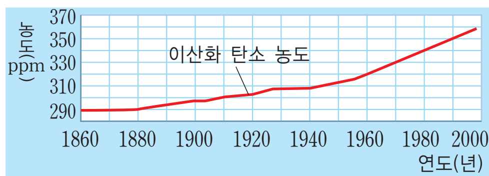
**07** 그림은 위도에 따른 태양 복사 에너지의 차이를 알아보기 위한 손전등 실험을 나타낸 것이다.



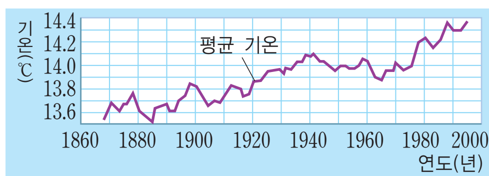

이에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 극지방은 (가)에 해당된다.
② 적도 지방은 (다)에 해당된다.
③ 빛을 받는 넓이가 가장 넓은 것은 (나)이다.
④ 책상 면의 온도가 가장 높이 올라가는 것은 (다)이다.
⑤ 같은 면적의 지표면에서 태양 복사 에너지를 가장 많이 받는 것은 (가)이다.

**08** 그림에서 (가)는 빙하 자료에서 측정한 최근 약 150년 동안의 이산화 탄소 농도를, (나)는 기온 변화를 나타낸 것이다.




(가)




(나)

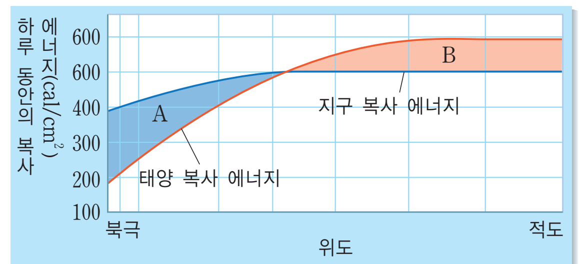
이에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 최근에는 기온 상승이 약화되었다.
② 1860년 이후 기온은 매년 상승하였다.
③ 이산화 탄소의 양은 꾸준히 감소하고 있다.
④ 이산화 탄소의 증가는 기온 상승과 관련이 있다.
⑤ 최근에는 이산화 탄소의 농도 증가율이 낮아졌다.

**09** 다음 중 온실기체만으로 짝지은 것은?

① 질소, 산소　② 질소, 메테인
③ 산소, 이산화 탄소　④ 산소, 아산화 질소
⑤ 이산화 탄소, 메테인

**10** 그림은 위도에 따른 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지를 나타낸 것이다.




이에 대한 설명으로 옳은 것은?

① A는 에너지 과잉량이다.
② B는 에너지 부족량이다.
③ A와 B의 면적은 같다.
④ 저위도로 갈수록 태양 복사 에너지가 감소한다.
⑤ 고위도로 갈수록 지구 복사 에너지가 증가한다.

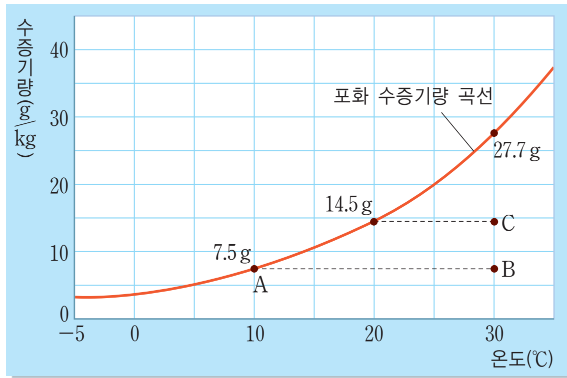
**11** 그림은 탄소의 순환을 나타낸 것이다.




이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① A는 광합성이다.
② 수권에서 탄소는 탄산으로 존재한다.
③ 기권에서 탄소는 이산화 탄소로 존재한다.
④ 생물권에서 탄소는 이산화 탄소로 존재한다.
⑤ 탄소가 가장 많이 저장되어 있는 곳은 지권이다.

[12~13] 그림은 온도와 포화 수증기량의 관계를 나타낸 것이다.

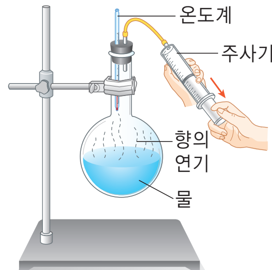



**12** A~C점 중 상대 습도가 가장 높은 것은 어느 것인지 쓰시오.

**13** 기온이 30℃, 상대 습도가 50 %이고, 질량이 500 kg인 실험실의 공기 속에 포함되어 있는 수증기의 양은?

① 277 g ② 692.5 g ③ 1,385 g
④ 6,925 g ⑤ 13,850 g

**14** 그림과 같이 물을 약간 넣은 플라스크 속에 향의 연기를 조금 넣은 후 주사기의 피스톤을 밀어 공기를 압축시킨 다음, 주사기의 피스톤을 갑자기 잡아당겼다. 이 실험에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



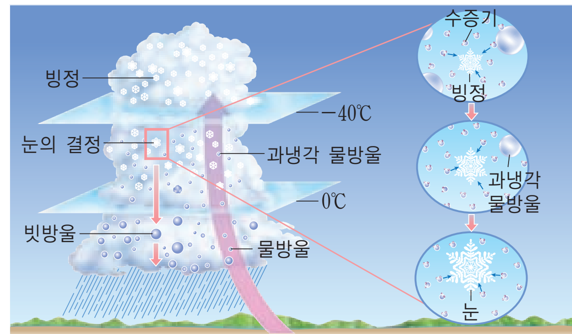

① 구름의 발생 원리를 알아보는 실험이다.
② 연결되는 곳마다 공기가 새어나가지 않도록 해야 한다.
③ 향의 연기는 수증기를 모아 응결을 돕는 역할을 한다.
④ 주사기의 피스톤은 빨리 밀고 천천히 당겨 주어야 한다.
⑤ 주사기를 밀 때에는 온도가 올라가고, 당길 때에는 온도가 내려간다.

**15** 그림과 같은 구름에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 층운형 구름이다.
② 옆으로 넓게 발달한다.
③ 넓은 지역에 걸쳐 비가 내린다.
④ 천둥과 번개를 동반하기도 한다.
⑤ 공기의 상승 운동이 약할 때 발달한다.

**16** 그림은 강수 이론 중에서 빙정설을 나타낸 것이다.



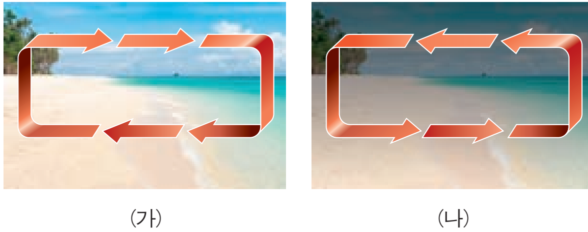

위의 그림에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 열대 지방에서 내리는 비를 설명하는 이론이다.
② 과냉각 물방울에서는 응결이 증발보다 활발하다.
③ 빙정보다 과냉각 물방울의 포화 수증기량이 크다.
④ −40~0℃ 사이의 구름에서 빙정이 녹아 빗방울이 된다.
⑤ 성장한 빙정이 무거워져 낙하하면서 녹으면 비가 된다.

**17** 기압에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 공기의 무게에 의해 생기는 압력이다.
② 높은 곳으로 올라갈수록 기압은 낮아진다.
③ 기압은 위, 아래, 옆 등 모든 방향으로 작용한다.
④ 1기압은 높이 76 cm인 수은 기둥의 무게에 의한 압력과 같다.
⑤ 우리가 기압을 느끼지 못하는 이유는 기압의 크기가 작기 때문이다.

[18~19] 그림 (가)와 (나)는 맑은 날 해안가에서 낮과 밤에 부는 바람을 순서 없이 나타낸 것이다. 물음에 답하시오.



(가) (나)

**18** (가)와 (나)에서 부는 바람은 각각 무엇인지 쓰시오.

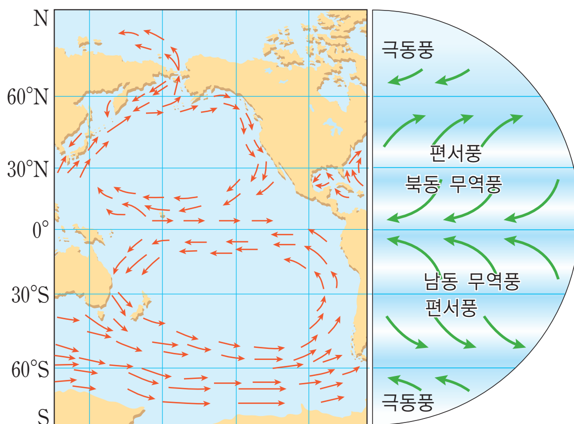
**19** 하루 중 바람의 방향이 바뀐 까닭은 무엇인지 쓰시오.

**20** 그림은 계절풍이 부는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



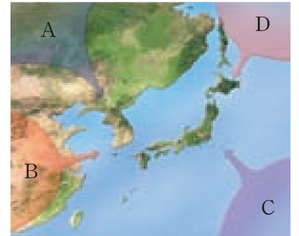
① 겨울철이다.
② 북서 계절풍이다.
③ 해양 쪽의 기압이 대륙 쪽보다 낮다.
④ 대륙 쪽의 기온이 해양 쪽보다 높다.
⑤ 우리나라는 한랭 건조한 날씨가 나타난다.

**21** 그림은 대기 대순환과 표층 해류를 나타낸 것이다.



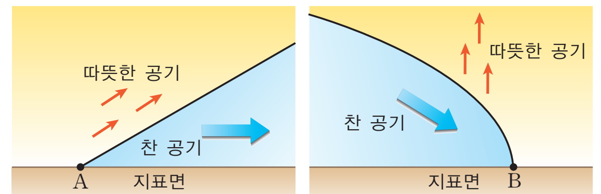

(1) 저위도 지방과 중위도 지방에서 부는 바람이 무엇인지 각각 쓰시오.
(2) 저위도 지방과 중위도 지방에서 흐르는 해류의 방향을 각각 쓰시오.

**22** 그림은 우리나라에 영향을 미치는 기단을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?




① A는 한랭 건조하다.
② B는 양쯔 강 기단이다.
③ C는 여름철에 크게 발달한다.
④ D는 온난 다습하다.
⑤ C와 D가 만나 장마 전선을 형성한다.

**23** 그림에서 A, B는 두 기단의 경계가 되는 전선이다.

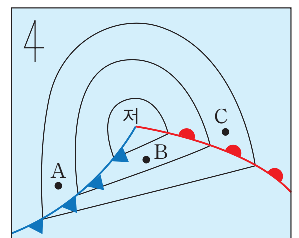



A 전선에 비해 B 전선에서 큰 값을 가지는 것을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 전선면의 경사　ㄴ. 전선의 이동 속도
ㄷ. 구름의 두께　ㄹ. 비가 내리는 시간

① ㄱ, ㄴ　② ㄷ, ㄹ　③ ㄱ, ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄹ　⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

**24** 그림은 온대 저기압의 모습을 나타낸 것이다. A~C 지점의 날씨에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?




① A 지점에서는 북서풍이 분다.
② B 지점에서는 남서풍이 분다.
③ C 지점에서는 층운형 구름이 발달한다.
④ 기압은 C 지점에서 가장 높다.
⑤ 비가 내리는 곳은 A와 C 지점이다.

# IV 소화 · 순환 · 호흡 · 배설

❖ 이 단원에서는

암벽 등반은 거대한 자연에 맞서 인간의 한계를 극복하는 레포츠이다.

간단한 등산 장비와 맨몸을 이용하여 가파른 암벽을 오르는 사람들을 보고 있으면 손에 땀을 쥐게 된다. 암벽 등반은 정신적, 육체적으로 엄청난 에너지를 요구한다. 우리 몸은 어떤 과정을 거쳐 에너지를 얻는 것일까?

이 단원을 통해 음식물 속의 영양소가 소화되고 흡수되어 혈액을 통해 세포로 전달되는 과정을 알아보자. 또 세포 호흡을 통해 에너지를 어떻게 얻게 되는지 이해하고, 노폐물이 몸 밖으로 배설되는 과정을 알아보자.

**에이크만(Eijkman, C. : 1858~1930)**



에이크만은 네덜란드 출신으로서, 각기병의 원인을 밝혀내어 바이타민 연구의 실마리를 제공한 의사이자 병리학자이다.

에이크만은 닭을 두 그룹으로 나누어 각기병을 일으키는 실험을 하였다. 그중 백미를 먹여 키운 닭은 각기병에 걸렸지만, 현미를 먹여 키운 닭은 각기병에 걸리지 않았다. 이 실험을 통해 각기병의 원인은 쌀겨에 있는 어떤 종류의 물질이 부족해서 생긴다는 것을 확인했는데, 이 물질은 나중에 바이타민 $B_1$으로 밝혀졌다. 이 공로로 에이크만은 홉킨스(Hopkins, Sir F. G. : 1861~1947)와 함께 1929년 노벨 생리 · 의학상을 받았다.

1 소화와 순환

2 호흡과 배설

180 181

## ▶ 단원의 개관

학생들은 초등학교 5~6학년군에서 우리 몸 각 기관의 위치와 생김새, 기본적인 기능을 배우고 소화 · 순환 · 호흡 · 배설 · 감각 기관이 유기적으로 관련되어 있음을 학습하였다.

이 단원에서는 동물 세포들이 유기적으로 모여 조직과 기관을 형성하고 생명 활동에 필요한 기능을 수행함을 학습한다. 우리가 섭취한 음식물이 소화 기관을 지나면서 영양소로 분해되고 흡수된 다음, 혈액을 통해 온몸을 순환하여 신체의 각 부분의 세포로 이동함을 학습한다. 또한 세포에서는 영양소와 산소를 이용하여 에너지를 생성함으로써 생명 활동에 필요한 에너지를 공급함을 학습한다. 마지막으로 그 과정에서 만들어진 노폐물이 배설 기관을 통해 몸 밖으로 나오게 됨을 알고, 생명 활동에 필요한 에너지 공급과 관련된 소화 · 순환 · 호흡 · 배설 기관의 유기적 관련성을 학습한다.

## ▶ 단원 학습 위계

**이미 배운 내용**

| | |
|---|---|
| 초등학교 3~4학년군 | • 동물의 생활 |
| 초등학교 5~6학년군 | • 우리 몸의 구조와 기능 |

**이번에 배울 내용**

• 동물의 유기적 구성
• 영양소의 소화와 흡수
• 혈액의 순환
• 호흡 운동의 원리
• 배설 기관의 구조

**다음에 배울 내용**

| | |
|---|---|
| 고등학교 과학 | • 인류의 건강과 과학 기술 |
| 고등학교 생명 과학 Ⅰ | • 항상성과 건강 |

## 교육과정

### ■ 학습 내용 성취 기준

(가) 세포가 모여 조직을 이루며, 조직이 모여 기관을 이루는 동물체의 유기적 구성 단계를 안다.
(나) 체내에 들어온 음식물이 소화 기관을 지나면서 소화되는 과정을 이해하고, 최종 소화 산물이 흡수되는 과정을 안다.
(다) 혈액의 성분과 기능을 알고, 혈액 순환과 관련지어 심장과 혈관의 구조와 기능을 이해한다.
(라) 호흡 기관의 구조와 기능을 이해하고, 동물의 체내에서 에너지가 생성됨을 안다.
(마) 배설 기관의 구조와 기능을 이해한다.
(바) 소화, 순환, 호흡, 배설의 관계를 통합적으로 이해한다.

### ■ 탐구 활동

(가) 영양소 검출하기
(나) 소화 작용 실험하기
(다) 혈액 관찰하기

## 단원 지도상 유의점

1 생명 활동에 필요한 에너지 공급과 관련하여 소화계, 순환계, 호흡계, 배설계를 통합적으로 다루어 여러 기관계가 유기적으로 구성되어 있음을 알게 한다.
2 교과서에 제시된 음식물뿐 아니라 가정과 학교에서 섭취하는 음식물에 포함된 영양소를 찾을 수 있게 한다.
3 3대 영양소의 기능을 자신의 몸에서 일어나는 현상, 주변의 실생활 소재와 연관 지어 설명하도록 한다.
4 바이타민의 결핍증 문제와 연관하여, 올바른 식생활 습관에 대한 판단을 스스로 할 수 있도록 유도한다.
5 소화관에서 분비되는 점액(뮤신)은 위뿐 아니라 입에서 대장까지 모든 소화관에서 분비된다는 것을 알게 한다.
6 혈액은 어떤 성분으로 되어 있으며, 각각의 성분이 어떤 기능을 하는지 생활 속 경험을 통해 이야기하게 한다.
7 혈관의 구조와 특징을 혈관의 기능이나 심장과의 거리와 비교하여 이해할 수 있도록 한다.
8 혈액 순환 경로에 대하여 스스로 가설을 세우고 모형을 그리게 한 후, 자신의 가설의 옳고 그름을 판단하게 한다.
9 호흡의 궁극적인 목적은 생물이 살아가는 데 필요한 에너지를 얻는 것임을 알게한다.
10 배설이란 생명 활동 중에 발생하는 노폐물의 배출 현상이며, 이를 통해 체액의 항상성이 유지됨을 이해시킨다.
11 실험을 할 때에는 진지한 자세로 임하도록 지도한다.

## 참고 자료

### ■ 참고 도서_교사용

1. 생명 과학 8판(2008), Campbell 저, 전상학 역, 바이오사이언스
2. WOW!_ 눈으로 보는 세상의 모든 것(2008), DK 편집부 저, 이충호 역, 을파소(북이십일)

### ■ 읽을 책_학생용

1. 에이크만이 들려주는 영양소 이야기(2010), 최미다 저, 자음과 모음
2. 너무나 정밀한 인체(2009), 대한 과학 진흥회 저, 스완미디어

### ■ 시청각 자료_internet

1. 한국 영양학회: http://www.kns.or.kr
2. 식품 의약품 안전청: http://www.kfda.go.kr
3. 대한 적십자사 혈액 관리 본부: http://www.bloodinfo.net/promotion_poster.do

## ▶ 단원 지도 계획

| 중단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
|---|---|---|---|---|
| Ⅳ-1 소화와 순환 | 1 동물의 유기적 구성 | 13 | 1/21차시 | • 세포와 조직<br>• 기관과 기관계<br>• 유기적 구성 |
| | 2 영양소의 종류와 기능 | | 2~4/21차시 | • 탄수화물, 지방, 단백질<br>• 보충 · 심화: 밥 대신 캡슐?, 고소한 맛의 양면성<br>• 탐구 활동: 음식물 속에 포함된 영양소 검출<br>• 탐구의 확장: 지방의 검출 방법<br>• 바이타민, 무기 염류, 물 |
| | 3 소화와 흡수 | | 5~7/21차시 | • 소화의 종류<br>• 입에서의 소화<br>• 탐구 활동: 침에 의한 녹말의 소화<br>• 위에서의 소화<br>• 소장에서의 소화<br>• 대장에서의 소화<br>• 과학 자료실: 배고플 때 나는 '꼬르륵' 소리의 정체는?<br>• 영양소의 흡수와 이동 |
| | 4 혈액 | | 8~9/21차시 | • 과학 자료실: 헌혈의 종류<br>• 혈액의 성분<br>• 탐구 활동: 혈구의 생김새<br>• 혈액이 하는 일 |
| | 5 혈관 | | 10/21차시 | • 혈관의 종류<br>• 과학 자료실: 혈관으로 나를 증명한다.<br>• 혈관의 이상 |
| | 6 심장과 혈액 순환 | | 11~13/21차시 | • 심장의 생김새<br>• 심장에서의 혈액의 흐름<br>• 혈액의 순환<br>• 이미지 사이언스: 혈액 순환의 발견<br>• 운동량과 심장 박동<br>• STEAM: 심근 경색을 수술없이 치료한다. |
| Ⅳ-2 호흡과 배설 | 1 호흡 기관과 호흡 운동의 원리 | 7 | 14~15/21차시 | • 호흡 기관<br>• 호흡 운동의 원리<br>• 해 보기: 폐 모형 |
| | 2 호흡과 에너지 | | 16~17/21차시 | • 호흡과 에너지<br>• 탐구 활동: 들숨과 날숨의 이산화 탄소 농도 비교<br>• 과학 자료실: 고산 적응 |
| | 3 노폐물의 배설 | | 18~19/21차시 | • 노폐물의 생성과 배설<br>• 과학 자료실: 오줌이 노란 이유?<br>• 콩팥의 구조<br>• 오줌의 생성과 배설<br>• 오줌의 조절 기능<br>• STEAM: 소변 검사 |
| | 4 우리 몸에서 일어나는 일 | | 20/21차시 | • 우리 몸에서 일어나는 일 |
| 대단원 마무리 | | 1 | 21/21차시 | • 개념 정리하기, 개념 적용하기, 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
|---|---|---|---|
| 자료 해석<br>토의 | • 동물체가 세포, 조직, 기관의 유기적 단계로 구성되어 있음을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 184～187 | 226～229 |
| 실험<br>토의 | • 영양소의 종류와 기능을 이해하는지 토론법으로 평가한다.<br>• 음식물에 포함된 영양소의 검출 방법을 제대로 알고 영양소를 검출할 수 있는지 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 바이타민, 무기 염류, 물의 기능에 대해 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 188～195 | 230～237 |
| 실험<br>토의 | • 소화관에서 음식물의 소화가 일어나는 과정에 대해 이해하는지 토론법으로 평가한다.<br>• 침에 의한 녹말의 소화 과정을 이해하고 있는지 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 최종 소화 산물이 흡수되고 이동하는 과정을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 196～205 | 238～247 |
| 관찰<br>토의 | • 현미경으로 혈구를 관찰하고, 혈구의 생김새에 대해 설명할 수 있는지 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 혈액의 성분과 하는 일에 대해 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 206～211 | 248～253 |
| 자료 해석<br>토의 | • 혈관의 종류와 특징을 혈압과 관련지어 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 212～215 | 254～257 |
| 자료 해석<br>토의 | • 심장의 구조와 심장에서 혈액이 흐르는 방향에 대해 정확히 이해하는지 토론법으로 평가한다.<br>• 체순환과 폐순환 과정을 제대로 알고 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 216～223 | 258～265 |
| 실험<br>토의 | • 호흡 기관의 구조와 기능을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 호흡 운동의 원리를 이해하는지 실험 보고서법으로 평가한다. | 226～229 | 266～269 |
| 실험<br>토의 | • 외호흡과 내호흡에서 기체 교환의 원리와 세포에서 산소를 이용하여 에너지를 얻는 과정을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 들숨과 날숨의 이산화 탄소 농도를 비교하고 차이점을 이해하는지 실험 보고서법으로 평가한다. | 230～235 | 270～275 |
| 자료 해석<br>토의 | • 콩팥의 구조와 기능을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 콩팥에서 오줌이 생성되는 과정을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 236～241 | 276～281 |
| 자료 해석<br>토의 | • 생명 활동에 필요한 에너지 생산과 관련하여 소화, 순환, 호흡, 배설의 관계를 통합적으로 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 242～243 | 282～283 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 244～247 | 284～287 |

# 1-1 동물의 유기적 구성

## 학습 내용 안내

(1) 동물의 몸을 구성하고 있는 조직과 조직을 이루는 세포의 종류와 기능을 이해한다.
(2) 동물의 몸을 구성하고 있는 기관 및 기관계의 구성과 기능을 이해한다.
(3) 동물의 몸이 유기적으로 구성되어 있음을 이해한다.

## 학습 전개

아메바와 같은 단세포 생물은 하나의 세포 내에서 모든 기능이 일어나지만, 많은 기관으로 구성된 다세포 생물은 각 부분이 어떤 일을 하는지 생각하게 한다.

↓

식물의 여러 기관을 예로 들어 각 기관이 기능은 서로 다르지만, 유기적으로 연관되어 있음을 알아본다.

↓

사람을 비롯한 동물이 세포, 조직, 기관, 기관계, 개체의 단계를 거쳐 유기적으로 구성되어 있음을 알아본다.

### 찾아보기

- 생명 과학 8판(2008), Campbell 저, 전상학 역, 바이오사이언스
- 발생 생물학 9판(2011), Scott F. Gilbert 저, 강해묵 역, 라이프사이언스

## 관련 지식

### ❀ 세포 군체

조직의 분화는 다세포 생물에서 볼 수 있다. 그런데 단세포 생물과 다세포 생물의 중간 단계라고 할 수 있는 세포 군체가 있다. 세포 군체는 같은 종의 단세포 생물 여러 개가 모여 이루어진 집단으로서, 분화가 시작되는 단계라고 할 수 있다.



# 1-1 동물의 유기적 구성

**학습 목표**

- 동물체가 세포, 조직, 기관, 기관계의 유기적 단계로 구성되어 있음을 설명할 수 있다.
- 동물의 생명 유지 활동에 필요한 여러 가지 기능이 유기적으로 관련되어 있음을 설명할 수 있다.

이메바나 짚신벌레와 같은 단세포 생물은 하나의 세포에서 먹이 섭취, 운동, 생식 등의 모든 기능이 이루어진다. 그러나 많은 세포로 이루어진 식물은 뿌리, 줄기, 잎 등과 같은 각 기관이 서로 다른 기능을 수행하고, 이러한 기능들이 유기적인 관계를 맺으면서 생명 현상이 효율적으로 나타난다. 그렇다면 동물은 어떻게 구성되어 있으며, 식물과는 어떤 차이가 있을까?



식물은 물과 이산화 탄소를 원료로 빛에너지를 이용하여 포도당과 같은 양분을 만든다. 뿌리에서 흡수된 물과 무기 염류는 줄기를 따라 잎까지 이동하며, 잎에서는 빛을 받아 광합성이 일어난다. 이처럼 식물은 뿌리, 줄기, 잎의 각 기관이 유기적으로 구성되어 있어서 광합성과 같은 생명 활동이 효율적으로 일어나고 있다. 또한 각 기관을 구성하는 세포는 그 기능에 적합한 형태로 이루어져 있다.

식물과 마찬가지로 동물의 몸을 구성하는 단위도 세포이다. 각 세포는 수행하고 있는 기능에 적합한 형태로 되어 있다. 같은 기능을 담당하는 세포들이 모여서 뼈나 근육을 만들고, 이들은 다시 팔이나 다리를 형성하여 몸을 이룬다. 이처럼 동물도 수많은 세포가 유기적으로 구성되어 있어서 효율적으로 생명 현상을 유지할 수 있다.

동물을 구성하는 세포에는 어떤 종류가 있으며, 세포가 모이면 무엇이 될까?




○ 그림 Ⅱ-1 식물의 기관_식물은 뿌리, 줄기, 잎의 각 기관이 유기적으로 구성되어 생명 활동이 효율적으로 일어난다.



## 과학 돋보기



### ❀ 식물의 유기적 구성

(1) **식물의 조직** 세포 분열이 일어나는 분열 조직과 분열 조직에서 분화한 특수한 모양과 기능이 있는 영구 조직으로 구분된다.

① **분열 조직**: 줄기나 뿌리 끝에 있는 생장점은 줄기나 뿌리의 길이 생장을 일으키고, 관다발에 있는 형성층은 줄기나 뿌리의 부피 생장을 일으킨다. 표피 밑에 있는 코르크 형성층은 코르크층을 만들어 과도한 수분 손실과 미생물 감염을 막는다.

② **영구 조직**: 분열 조직에서 분화된 조직으로 분열 능력이 없으며, 표피 조직, 유조직, 기계 조직, 통도 조직이 있다.

(2) **식물의 조직계** 조직들이 모여서 같은 기능을 수행하고 있는데, 이를 조직계라고 한다.

① **표피 조직계**: 식물체 내부를 보호하고 수분의 출입을 조절하는 표피, 털, 뿌리털, 공변세포 등으로 구성된다.

② **관다발 조직계**: 물관부, 체관부, 형성층으로 구성된다.

③ **기본 조직계**: 물질대사가 왕성한 유조직과 식물체를 지탱하는 기계 조직으로 구성된다.

## 세포와 조직

사람의 몸에는 보호 기능을 하는 피부, 운동 기능을 하는 근육, 지지 작용을 하는 뼈, 피부나 근육에 연결되어 자극과 반응에 관여하는 신경 등이 있다. 이들은 **세포**들이 모여서 만들어진 구조로서, **조직**이라고 한다. 하나의 조직을 이루는 세포들은 그 모양과 기능이 대부분 비슷하다. 그림 Ⅳ-2와 같이 동물 조직의 종류에는 상피 조직, 결합 조직, 근육 조직, 신경 조직이 있다.

피부와 같은 상피 조직은 몸이나 기관의 표면을 구성하고 있으며, 뼈와 같은 결합 조직은 우리 몸을 지탱하는 역할을 한다. 뼈에 붙어 있는 골격근과 같은 근육 조직은 운동을 담당하고 있으며, 신경 조직은 자극을 수용하고 반응에 필요한 흥분을 전달하는 기능을 한다.

❶ 그림 Ⅳ-2 동물의 조직_ 하나의 조직을 이루는 세포들은 모양과 기능이 대부분 비슷하다.

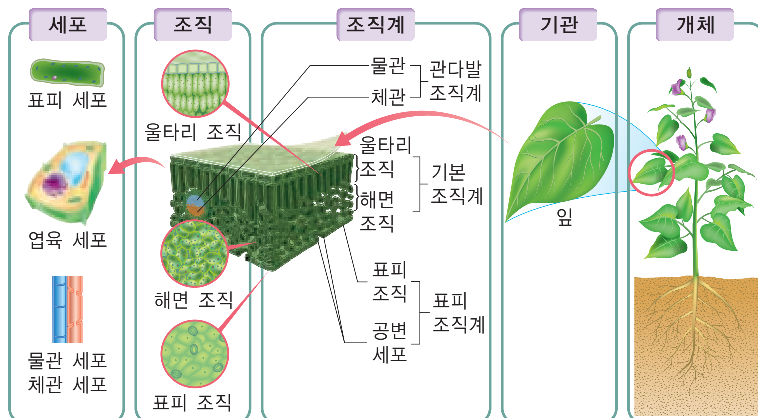





(3) 식물의 기관

① 영양 기관: 뿌리, 줄기, 잎이 있다.

② 생식 기관: 꽃은 종자식물의 생식 기관으로서, 씨를 만들어 종족을 번식시킨다.




❷ 식물의 유기적 구성




### ❀ 몸의 일부를 만들어 내는 꿈의 기술, 조직 공학

2005년 프랑스의 한 여성은 개에게 얼굴을 물려 코와 뺨 등 얼굴의 반이 뜯겨 나갔다. 예전 같으면 이 여성은 얼굴의 반이 없는 모습으로 평생을 살아야 했겠지만, 다행히 이 여성은 뇌사 상태에 있던 다른 여성의 얼굴 조직을 기증받아 새 얼굴을 가지게 되었다.

이러한 이식 수술은 살아 있는 조직을 기증받아야 하고, 이식할 때의 거부 반응을 막기 위해 평생 면역 억제제를 먹어야 하는 어려움이 있다. 하지만 최근에는 조직 공학 기술을 이용하여 환자 자신의 줄기세포로부터 피부 조직을 만들어 낼 수 있게 되어 이러한 어려움이 해결되었다.

2004년 뼈에 생긴 종양 때문에 턱뼈를 반 이상 제거한 환자는 인공 턱뼈를 이식받았다. 환자의 골수에서 줄기세포를 뽑아내어 턱뼈 모양의 틀에 넣고 배양해서 환자에게 이식한 것이다. 이 환자는 수술 전에는 수프밖에 먹을 수 없었는데, 이식 수술 후에는 10년 만에 처음으로 음식을 씹어 먹을 수 있었다. 게다가 얼굴을 가리지 않고 다닐 수 있게 되었다. 이처럼 손상된 조직이나 장기를 만들어 생체 기능을 회복시키거나 향상시키는 기술을 조직 공학이라고 한다.

### ❀ 우리가 태어난 후로 우리 몸을 구성하는 세포의 크기는 어떻게 변했을까?

우리가 태어난 지 얼마되지 않았을 때와 지금의 모습을 비교해 보면 몸집이 훨씬 더 커졌다는 것을 알 수 있다. 이렇게 몸집이 커진 것은 우리의 몸을 구성하는 세포의 크기가 점점 더 커졌기 때문일까?

우리 몸이 생장하는 것은 몸을 구성하는 세포 각각의 크기가 커졌기 때문이 아니라 세포가 분열하여 그 숫자가 늘어났기 때문이다. 생물체의 크기는 생물체를 이루는 세포의 크기와는 관계가 없으며, 생물체를 구성하는 세포 수에 따라 달라진다.

## ✚참고 자료 모든 동물과 식물이 기관의 분화가 이루어졌을까?

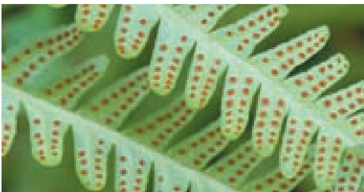
땅 위에서 생활하는 양치식물이나 종자식물 등 고등한 식물은 관다발이 있기 때문에 잎, 줄기, 뿌리가 모두 분화되어 크게 자랄 수 있으나, 이끼류나 물속에 사는 조류와 같은 식물들은 잎, 줄기, 뿌리의 분화가 일어나지 않아 크게 자랄 수 없다. 이처럼 기관이 분화되지 않은 식물을 엽상식물이라고 한다.

또 식물의 생식 기관인 꽃은 종자식물에서만 나타나며, 고사리와 같은 양치식물에서는 나타나지 않는다. 이처럼 꽃으로 번식하지 않는 식물을 민꽃식물이라고 부른다.

동물의 경우 기관의 출현은 히드라, 해파리 같은 강장동물에서 볼 수 있고, 해면동물에서는 볼 수 없다.



ⓐ 종자식물

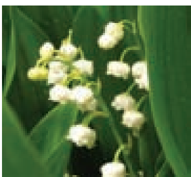


ⓐ 양치식물의 포자

**| 관련 지식 |**

### ❀ 식물과 동물의 구성 단계 차이점

식물과 동물의 기본적인 구성 단계는 같지만 식물에는 조직계가 있고 동물에는 기관계가 있는 것이 특징이며, 동물이 식물보다 더 복잡하고 다양하다.



ⓐ 식물_ 은방울꽃



ⓐ 동물_ 개

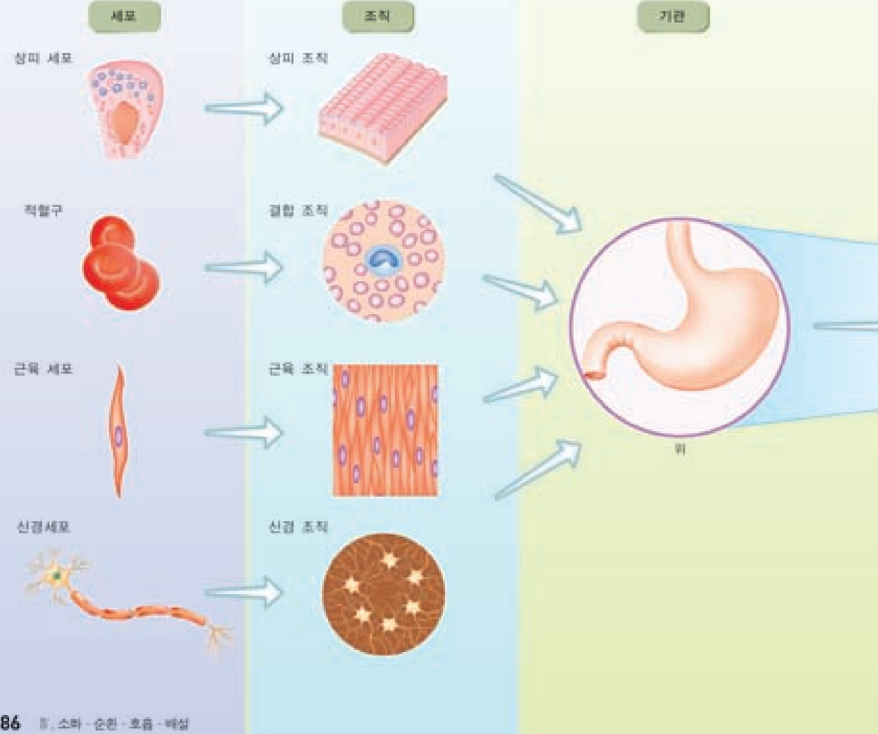



ⓐ 그림 Ⅱ-3 우리 몸의 구성 단계

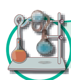
**기관과 기관계**

사람은 손을 이용하여 글씨를 쓰거나 물건을 잡는 등의 여러 가지 활동을 수행한다. 손은 뼈, 근육, 신경, 피부가 모여 이루어진다. 손과 같이 여러 종류의 조직들이 모여 이루어진 구조를 **기관**이라고 하는데, 각 기관은 제각기 일정한 형태와 독립적인 기능을 가진다.

우리 몸에는 팔과 다리, 심장이나 폐 등의 많은 기관이 있다. 이 중에서 서로 연관된 작용과 기능을 하는 기관들이 모여 **기관계**를 형성한다. 예를 들어 음식물의 소화와 관련된 기관으로는 입, 식도, 위, 소장, 대장, 간, 이자 등이 있으며, 이들을 통틀어 소화계라고 한다. 이 외에도 동물의 기관계에는 순환계, 호흡계, 배설계 등이 있다.




186 Ⅱ. 소화·순환·호흡·배설



**학습 자료실**

### ❀ 척추동물의 여러 가지 기관계

| 기관계 | 구성 기관 | 기능 |
|---|---|---|
| 소화계 | 입, 식도, 위, 소장, 대장, 간, 이자 등 | 음식물의 소화와 양분 흡수 |
| 순환계 | 심장, 혈관, 림프관 등 | 양분, 노폐물, 기체의 운반 |
| 호흡계 | 폐, 기관, 코 등 | 산소와 이산화 탄소의 교환 |
| 배설계 | 콩팥, 오줌관, 방광, 요도 등 | 노폐물의 배설 |
| 신경계 | 뇌, 척수, 말초 신경, 자율 신경 등 | 흥분의 전달, 기관의 작용 조절 |
| 내분비계 | 뇌하수체, 갑상샘, 부갑상샘, 부신, 생식샘 등 | 호르몬 분비, 항상성 유지 |
| 운동계 | 근육, 뼈, 팔, 다리 등 | 근육 운동과 몸의 이동 |
| 생식계 | 정소, 난소, 수정관, 수란관, 자궁 등 | 생식 세포 형성, 수정과 발생 |

**유기적 구성**

독자적으로 생명 활동을 하는 생물체를 **개체**라고 한다. 개체는 여러 종류의 기관계들이 모인 것으로 볼 수 있다. 개체를 구성하는 기관계들은 독립된 기능을 나타내지만, 이들은 서로 유기적인 관계를 맺으며 생명 활동을 수행한다. 따라서 한 부분의 기능에 이상이 생기면 다른 부분도 영향을 받게 된다.

다세포 생물인 동물은 세포, 조직, 기관, 기관계의 여러 단계를 거쳐 하나의 완전한 개체가 된다. 분화된 세포들이 모여 조직을 이루고, 기관과 기관계를 거쳐 하나의 완전한 개체를 형성하여 생명 활동이 효율적으로 일어날 수 있다. 이러한 구성 체계를 **유기적 구성**이라고 한다.

잠깐 체크 폐가 속한 기관계와 방광이 속한 기관계는 각각 무엇인가?

용어 **유기적**
전체를 구성하는 많은 구성 요소들이 서로 긴밀하게 연관되어 있어 떼어낼 수 없는 것을 말한다.




**잠깐 체크**

폐는 호흡 기관으로서, 기관, 코 등과 함께 호흡계를 구성한다. 방광은 배설 기관으로서, 콩팥, 오줌관, 요도 등과 함께 배설계를 구성한다.

**자·기·주·도·학·습**

▶ **개념 확인하기**

동물의 몸을 구성하고 있는 조직에는 상피 조직, 결합 조직, 근육 조직, 신경 조직이 있다.

▶ **응용 문제 해결하기**

흥분의 전달과 기관의 작용을 조절하는 신경계, 호르몬의 분비 및 항상성 유지를 담당하는 내분비계, 근육 운동과 몸의 이동을 담당하는 운동계, 생식 세포 형성 및 수정과 발생을 담당하는 생식계가 있다.

▶ **과학과 생활 연관 짓기**

간에서는 소화 작용에 관여하는 쓸개즙을 생성하여 지방의 소화를 도와주고, 이자에서는 탄수화물, 지방, 단백질을 분해하는 소화 효소뿐만 아니라 산성 음식물을 중화시키는 염기성 물질을 분비하여 소화 작용을 돕기 때문에 간과 이자를 소화 기관에 포함시킨다.

**+참고 자료** 뚱뚱한 사람은 세포의 숫자도 많다?

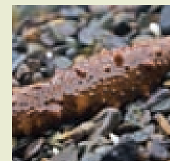


일반적으로 소아 비만이었던 사람들은 성인이 되어서도 비만일 확률이 높다고 한다. 이것은 세포 수의 차이 때문이다. 인간이 생장하는 동안 세포가 끊임없이 분열하면서 그 수를 늘려 가는 것은 뚱뚱한 사람이나 마른 사람이나 동일하지만 세포의 수는 다르다. 뚱뚱한 사람이 마른 사람보다 세포의 수가 더 많고, 큰 사람이 작은 사람보다 세포 수가 더 많다. 사람은 지방 세포를 가지고 있는데, 이 지방 세포가 비만의 정도를 결정한다. 지방 세포는 평균 4~5세 사이에 생성되기 때문에 성인이 된 후 뚱뚱해진 사람은 보통 체형을 가진 사람과 세포 수가 비슷할 수도 있다. 성인 비만은 보통 체형의 사람과 비슷한 세포 수를 가진 상태에서 각 세포에 지방이 축적된 것이다. 반면, 소아 비만이었던 사람은 다른 사람보다 지방 세포의 수가 많은 것이 비만의 원인이 된다. 따라서 소아 비만이었던 사람은 같은 조건에서도 쉽게 비만이 되고, 다이어트에 성공했다고 하더라도 다시 비만이 될 가능성이 크다.

**보충 학습** **동물의 개체**

개체의 기본적인 형태와 구조를 체제라고 하는데, 방사 대칭과 좌우 대칭이 있다.

(1) 방사 대칭 체제: 움직임이 느리고 생리 기능이 단순하다. 예 해삼, 성게 등





❸ 해삼 ❹ 성게

(2) 좌우 대칭 체제: 움직임이 활발하고 몸의 평형을 잘 유지하며, 공기나 물의 저항을 좌우 방향에서 똑같이 받는다. 예 사람, 치타 등

# 1-2 영양소의 종류와 기능

## 학습 내용 안내

(1) 3대 영양소의 공통적인 기능과 균형 있는 섭취의 필요성을 이해한다.
(2) 탐구 활동을 통해 음식물에 포함된 영양소를 검출하여 구분한다.
(3) 바이타민과 무기 염류의 종류에 따른 기능을 결핍증, 과다증과 함께 이해한다.
(4) 물의 특성과 기능을 이해한다.

## 학습 전개

식단(밥상)을 소개하면서 우리가 섭취하는 음식에 따른 영양소의 종류를 생각해 보게 한다.



3대 영양소의 공통적인 기능과 균형 있는 섭취의 필요성을 설명하게 한다.



부영양소의 종류와 기능을 결핍증과 과다증을 함께 설명하고 정리한다.



탐구 활동을 통해 음식물에 포함된 영양소를 검출할 수 있게 한다.

### 찾아보기

- 식품 의약품 안전청
  http://www.kfda.go.kr
- 한국 영양학회
  http://www.kns.or.kr
- 에이크만이 들려주는 영양소 이야기(2008), 최미다 저, 자음과 모음
- 인체(2009), 스티븐 파커 외 1저, 박경한 외 4역, 사이언스북스
- 생명 과학 8판(2008), Cambell 저, 전상학 역, 바이오사이언스

Ⅳ. 소화 · 순환 · 호흡 · 배설

# 1-2 영양소의 종류와 기능

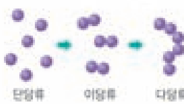
학습 목표
- 영양소의 종류와 기능을 설명할 수 있다.
- 음식물에 포함된 영양소를 검출할 수 있다.

부모님은 남매인 현우와 현아의 남다른 식습관 때문에 걱정을 많이 하신다. 현우는 평소에 기름진 음식을 즐겨 먹고, 잠자기 전에 라면이나 빵을 자주 먹는다. 중학생인 현우의 허리둘레는 아빠보다 더 커졌고, 친구들과 운동을 할 때에는 몹시 힘들어한다.

현아는 편식하는 습관이 있어서 고기는 좋아하지만 야채와 과일은 싫어한다. 이 때문인지 사춘기에 접어든 현아의 얼굴은 요즘 들어 친구들보다 여드름이 많이 생겼다. 현우와 현아의 이러한 식습관은 건강에 어떤 영향을 미칠까?

음식물 속에는 우리 몸을 구성하고 에너지원으로 사용되거나 생리 작용을 조절하는 **영양소**가 들어 있다. 영양소는 우리 몸속에서 에너지원으로 사용되는 탄수화물, 지방, 단백질의 주영양소와 에너지원은 아니지만 우리 몸에 꼭 필요한 바이타민, 무기 염류, 물의 부영양소로 구분된다.

보충 탄수화물의 종류
- 단당류: 포도당
- 이당류: 엿당, 설탕, 젖당
- 다당류: 녹말, 글리코젠, 셀룰로스




### 탄수화물

밥을 입에 넣고 오래 씹으면 단맛이 느껴진다. 밥알에 포함된 녹말은 단맛이 나지 않지만 엿당으로 분해되면 단맛이 느껴지기 때문이다. 엿당이 소장에서 다시 분해되면 포도당이 된다.

❶ 그림 Ⅳ-4 3대 영양소_ 우리 몸속에서 에너지원으로 사용되는 탄수화물, 지방, 단백질을 말한다.




188 Ⅳ. 소화 · 순환 · 호흡 · 배설




### ❀ 탄수화물

순수한 탄수화물 분자는 탄소 : 수소 : 산소의 비율이 1 : 2 : 1로 일정하며 일반식은 $C_n(H_2O)_m$이다. 탄수화물이라는 이름은 일반식이 마치 탄소에 물 분자가 결합한 수화물의 형태를 띠고 있다고 하여 붙여졌다.

(1) **단당류** 포도당, 과당, 갈락토스와 같은 6탄당(탄소 6개로 된 당)뿐만 아니라 DNA를 구성하는 5탄당(탄소 5개로 된 당)인 디옥시리보오스와 리보스 등도 단당류에 포함된다.

(2) **이당류** 두 개의 단당류 분자가 결합해서 생성된다. 가장 잘 알려진 이당류로는 포도당과 과당의 화합물인 수크로스(설탕), 포도당과 갈락토스의 화합물인 락토스(젖당), 포도당끼리의 화합물인 말토스(맥아당) 등이 있다.

(3) **다당류** 단당류 분자들이 연쇄적으로 결합한 중합체이다. 녹말, 글리코젠, 셀룰로스는 모두 포도당의 중합체로서, 녹말과 글리코젠은 $\alpha$ 포도당, 셀룰로스는 $\beta$ 포도당의 중합체이다. 사람은 셀룰레이스(효소)를 합성하지 못하고 그 효소를 합성하는 생물과 공생을 하지 않기 때문에 셀룰로스를 분해할 수 없다.

포도당은 우리 몸의 에너지원으로 사용되며, 1 g의 포도당이 분해되면 약 4 kcal의 열량을 낸다. 포도당은 간에서 글리코젠으로 바뀌거나 지방으로 바뀌어 지방 조직에 저장된다. 현우의 허리둘레가 커진 이유는 현우가 간식으로 섭취한 탄수화물의 일부가 지방으로 바뀌어 피하 지방 조직이나 내장 지방 조직에 저장되었기 때문이다.

인터넷 과학 세상
건강하고 안전한 식생활을 위한 영양 표시 정보에 대해 알아보자.
검색 | 영양 표시 정보

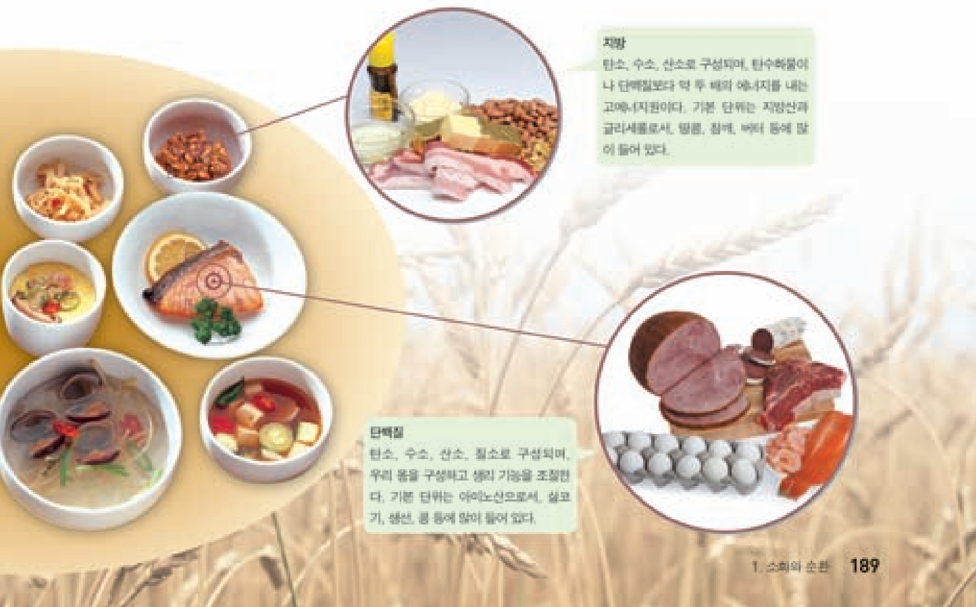
**지방**

추운 곳에 사는 이누이트들은 지방을 많이 섭취한다고 한다. 그 이유는 무엇일까? 지방은 1 g이 분해되면 약 9 kcal를 방출하는 고에너지원으로서, 겨울의 추위를 이기는 데 도움이 된다. 우리는 중성 지방을 보통 지방으로 간단히 표현한다. 지방 중 생선 기름, 식물성 기름과 같은 것은 상온에서 액체 상태이다. 이에 비해 버터, 마가린과 같은 지방은 상온에서 고체 상태이다. 상온에서 고체 상태인 지방이 혈관 안쪽에 쌓이게 되면 고혈압, 동맥 경화와 같은 질환에 걸리기 쉽다.

잠깐 퀴즈 가정에서 사용하는 지방 중 상온에서 액체 상태로 존재하는 지방에는 무엇이 있는가?

용어 열량
영양소의 양으로 단위는 보통 킬로칼로리(kcal)로 표시한다.
1 kcal=1,000 cal

더 자세히
스테로이드
지방의 한 종류이며 콜레스테롤이 대표적인 예이다. 체내에 콜레스테롤이 많아지면 해롭지만, 쓸개즙이나 성호르몬 성분으로 이용되기도 한다.




**잠깐 체크**

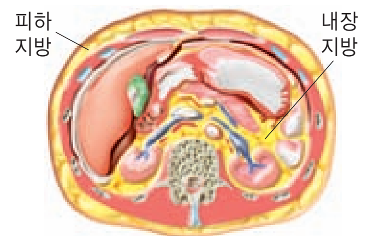
콩기름, 참기름, 들기름, 올리브유, 해바라기유 등_ 생선 기름과 식물 기름은 상온에서 액체 상태이다.

## 관련 지식

### ❀ 지방 조직의 종류

(1) **피하 지방** 피부 조직 바로 안쪽에 축적되어 있는 지방으로서, 피부의 탄력과 완충 효과는 물론 추위로부터 몸을 보호해 준다. 피하 지방은 젊은 사람에게 흔히 나타나고 비교적 우리 몸에 유익한 지방이라고 할 수 있다.

(2) **내장 지방** 복강 내 내장 사이를 가르는 간막이라는 부위에 지방이 쌓인 것으로서, 나이가 많을수록 여성보다 남성에게, 폐경기 이후의 여성에게 많이 나타난다. 내장 지방과 간세포 사이에 이동하는 지방의 양이 많을수록 인슐린의 작용이 방해를 받아 당뇨병 발생의 위험이 커진다.




❸ 피하 지방과 내장 지방

### ❀ 지방

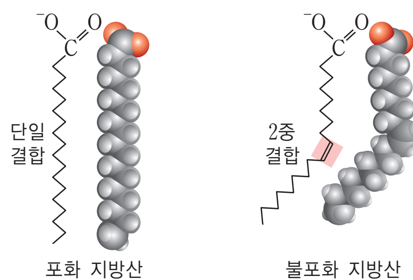
우리 몸의 주요 에너지원으로서, 탄소, 수소, 산소의 세 가지 원소로 구성되며, 세 개의 지방산이 글리세롤 하나와 결합한 에스테르이다. 지방은 세포막의 성분이며, 지용성 바이타민의 운반과 흡수를 돕고, 필수 지방산의 공급원이다.

(1) **지방의 상태 차이** 중성 지방은 지방산과 글리세롤로 구성되어 있으며, 지방산의 종류에 따라 상온에서 액체 또는 고체 상태로 존재한다.

(2) **지방산의 종류와 상태**

① **포화 지방산:** 탄화수소 사슬의 탄소 사이에 2중 결합이 없으며, 상온에서 고체이다. 포화 지방산에는 버터, 비계 등이 있다.

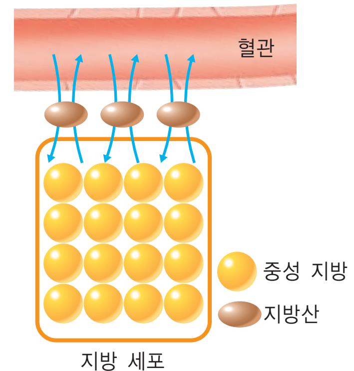
② **불포화 지방산:** 탄화수소 사슬의 탄소 사이에 2중 결합이 있으며, 상온에서 액체이다. 불포화 지방산에는 땅콩, 참깨 등 식물성 지방과 생선 기름 등이 있다.




❸ 지방산의 구조

### ❀ 피하 지방층의 필요성

사람의 몸에는 유사시에 사용할 에너지 저장고가 있는데, 그중 가장 큰 저장고가 피하 지방층이다. 혈액 속에 남는 지방산은 지방으로 바뀌어 피하 지방 조직에 저장된다.




❸ 피하 지방 조직의 생성

## 효과적인 운영을 위한 Tip

학생 자신이 경험할 수 있는 현상을 바탕으로 종합 반응을 이해할 수 있게 한다. 예를 들어 "닭고기를 많이 먹는다고 닭살이 생길까?"라는 질문을 던지고 자신의 생각을 발표하게 한다. 닭고기는 소화관에서 단백질의 기본 단위인 아미노산으로 분해된 후 흡수된다. 이 아미노산은 세포로 운반된 후, 세포 내에서 단백질로 재합성된다. 이 과정을 통해 닭의 단백질이 사람의 단백질로 바뀌게 되는 것이다.

## 과학 돋보기

### ❀ 단백질

몸을 구성하고 조절 작용을 담당하며 에너지원으로 사용되는 영양소이다.

(1) **몸 구성** 세포에서 세포막과 세포질을 구성하며, 조직 중 근육 조직과 탄력 조직 구성에 사용된다.

(2) **조절 작용** 모든 물질대사는 효소의 조절 작용으로 이루어지는데, 효소의 주성분은 단백질이다. 또한 호르몬 중 뇌하수체 호르몬과 같은 단백질계 호르몬은 단백질이나 아미노산으로 구성된다(단, 호르몬 중 스테로이드계 호르몬은 구성 성분에 단백질이 없다).

(3) **에너지원** 단백질(아미노산)이 에너지원으로 사용될 때, 아미노산의 아미노기가 먼저 분리되어 암모니아가 생성된다. 암모니아는 간에서 독성이 약한 요소로 전환되어 배설된다. 따라서 탄수화물보다 단백질 섭취량이 많을 경우 오줌 속에 요소의 비율이 증가하게 된다.

### ❀ 단백질을 너무 많이 섭취하면?

단백질 함량이 높은 음식만을 섭취하고 탄수화물이 들어 있는 음식을 섭취하지 않으면 우리 몸은 에너지를 얻기 위해 단백질을 당분으로 전환시켜 이용한다. 이 과정에서 암모니아가 만들어져 구토가 나거나 무기력해질 수 있다.

**필수 아미노산** 체내에서 합성하지 못해 반드시 음식물을 통해서 흡수해야 하는 아미노산을 말한다. 20가지의 아미노산 중에서 성인의 경우에는 8가지, 어린이의 경우에는 10가지가 필수 아미노산이다.

### 단백질

단백질은 세포를 구성하는 물질로서, 우리 몸의 약 16 %를 차지하는 중요한 영양소이다. 현우, 현아와 같이 성장기에 있는 청소년이나 임신부는 단백질을 많이 섭취해야 한다. 생장할 때와 태아가 자랄 때 세포가 많이 만들어져야 하기 때문이다. 또한 단백질은 효소나 일부 호르몬의 성분이 된다. 효소는 세포 안에서 생명 활동을 조절하는 데 꼭 필요하며, 호르몬도 생리 기능을 조절하는 데 중요하다. 그리고 단백질은 에너지원으로도 사용되는데, 1 g이 분해되면 약 4 kcal의 열량을 낸다. 따라서 단백질은 생명 유지에 매우 중요한 영양소라고 할 수 있다.

녹말이 포도당의 결합체인 것처럼 단백질은 아미노산의 결합체이다. 즉, 작은 구슬을 꿰어 긴 목걸이를 만드는 것처럼 아미노산들이 세포에서 결합하여 큰 분자인 단백질로 만들어진다. 아미노산 종류에는 20가지가 있으며, 체내에서 합성되지 못하는 아미노산은 반드시 음식물을 통해 섭취되어야 한다.



보충·심화

### 밥 대신 캡슐?



우주인들이 우주에 나가면 여러 영양소가 들어 있는 캡슐을 먹는다. 몸에 꼭 필요한 필수 영양소들로 만들어진 캡슐이지만 실제 오랫동안 캡슐만 섭취하면 소화 기관의 불안정, 영양 공급 체계의 혼란 등이 생긴다고 한다. 그래서 건조 식품이나 액체 식품도 필수적으로 섭취해야 한다. 이론상으로는 캡슐 안에 생명 유지에 필요한 필수 영양소들이 다 들어 있지만, 음식물을 섭취하여 소화시킨 후 필요한 영양소를 흡수하는 것과 비교하면 부족한 점이 많다.

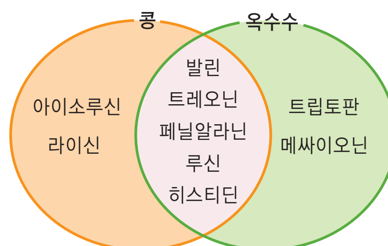
일정량의 음식물을 섭취하여 입에서는 씹는 운동이 이루어지고, 위와 장은 근육 운동을 하며 음식물을 소화하는 역할을 해야 정상적인 신체의 리듬을 유지할 수 있다. 이러한 신체의 활동을 모두 충족시킬 수 있는 캡슐이 개발된다면 캡슐만 먹고 사는 것이 가능하겠지만 아직은 현실성이 부족한 이야기이다.

우주 비행을 마치고 지구로 귀환한 우주인들은 우주 음식 식단에서 일반 음식 식단으로 곧바로 돌아가지 않고 적응기를 거친다고 한다.

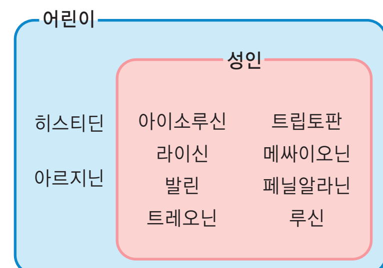
190 Ⅱ. 소화·순환·호흡·배설

## 참고 자료 극단적인 편식은 필수 아미노산의 결핍을 가져올 수 있다?

식물에는 동물보다 필수 아미노산의 종류가 더 적기 때문에 편식을 하게 되면 필수 아미노산 결핍증이 나타날 수 있다. 즉, 콩만 먹는 사람이 있다면 트립토판, 메싸이오닌이 결핍된다. 그러나 콩과 옥수수를 섞어 먹으면 필수 아미노산이 부족하지 않게 된다. 특히 어린이의 경우 성인보다 필수 아미노산이 두 종류가 더 많기 때문에 필수 아미노산이 결핍되지 않도록 골고루 섭취해야 한다.




❷ 콩과 옥수수에 포함된 필수 아미노산




❷ 어린이와 성인의 필수 아미노산

우리가 섭취하는 3대 영양소의 양이 부족할 때에는 몸에 저장되어 있는 탄수화물, 지방, 단백질이 에너지원으로 사용된다. 따라서 식사량을 줄이거나 에너지 소모량이 많아지면 살이 빠진다. 그러나 3대 영양소의 흡수량이 지나치게 부족하면 효소나 호르몬이 만들어지지 않아 생리 기능이 잘 조절되지 않음으로써 건강을 잃게 될 수도 있다.

음식물의 종류에 따라 3대 영양소의 종류와 함유량이 다르다. 따라서 3대 영양소의 비율이 적절하게 유지될 수 있도록 음식을 골고루 섭취하는 것이 좋다.

우리가 즐겨 먹는 음식물 속에 어떤 영양소가 포함되어 있는지 알아보자.



그림 Ⅳ-5 3대 영양소의 기능

## 고소한 맛의 양면성

보충·심화

우리가 먹는 과자는 주로 감자나 옥수수의 녹말로 만든다. 녹말의 맛은 담백하기 때문에 녹말만으로 된 과자는 소비자의 선택을 받기 어렵다. 그렇다면 소비자를 유혹하는 비결은 무엇일까? 바로 달콤한 맛과 고소한 맛을 첨가하는 것이다.

고소한 맛은 대부분 식물성 지방을 첨가하여 얻는다. 그런데 식물성 지방은 액체이므로 녹말로 된 과자에 식물성 지방을 첨가하면 흘러내려 과자를 먹는 사람의 손을 더럽히는 문제점이 발생한다. 그렇다고 고체인 동물성 지방을 사용하면 손에 묻지는 않겠지만, 독특한 냄새 때문에 소비자가 외면할 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 액체인 식물성 지방을 고체로 바꾸게 되었으며, 이렇게 바꾼 것을 트랜스 지방이라고 한다.

트랜스 지방이 혈관에 쌓이면 각종 심혈관계 질환 발병률이 높아지는 것으로 알려져 있다. 그러므로 고소한 맛의 뒤에는 심장병이나 비만, 동맥 경화라는 질병에 걸릴 위험이 도사리고 있는 것이다. 2004년 덴마크 정부에서는 트랜스 지방 함유량이 2 %를 넘는 가공 식품의 유통을 금지시켰고, 우리나라에서도 트랜스 지방 섭취량을 줄이는 노력을 하고 있다.

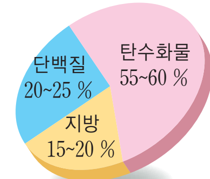







### ❀ 보건 복지부에서 제시한 3대 영양소의 적정 섭취 비율

우리나라에서 권장되는 3대 영양소의 적절한 섭취 비율을 보면 탄수화물은 55~60 %, 지방은 15~20 %, 단백질은 20~25 %이다.



3대 영양소의 적정 섭취 비율

### ❀ 식이 요법(다이어트)의 문제점

비만인 사람이 체중 감량을 위해 무조건 식사량을 줄이는 식이 요법을 선택하면 건강을 잃게 될 수 있다. 식사량의 감소는 3대 영양소의 양을 줄이는 목적은 달성할 수 있지만, 각종 바이타민과 무기 염류의 섭취량도 감소하게 되어 생리 기능 조절에 문제가 생길 수 있기 때문이다.

### ❀ 트랜스 지방이 많이 포함된 쇼트닝

쇼트닝은 제과, 요리 등의 식품 가공에 쓰이는 반고체 상태의 지방질이다. 액체 상태인 식물성 지방의 지방산에 수소를 첨가하여 만든 것을 트랜스 지방이라고 하는데, 쇼트닝에는 트랜스 지방이 많이 포함되어 있다. 쿠키나 파이를 만들 때 쇼트닝을 넣으면 껍질이 연해지고 바삭바삭하게 구워지며, 설탕을 함께 사용하면 촉감이 좋아지므로 과자나 케이크를 만들 때 많이 쓴다.

### ❀ 버터와 마가린

버터는 우유의 지방으로 만든 동물성 지방으로서, 화학 처리를 하지 않아도 고체 상태이다. 마가린은 식물성 지방을 화학 처리(수소 첨가)하여 고체 상태로 만든 것으로서, 트랜스 지방이 많이 포함되어 있다.

### 참고 자료 남녀의 구성 물질의 차이

남녀의 운동력(힘)의 차이는 어떻게 나타날까?

사람의 운동은 관절 주변의 뼈와 근육에 의해 일어나게 된다. 따라서 운동 능력은 뼈와 근육의 비율에 따라 결정된다. 남자와 여자의 뼈와 근육의 비율을 비교해 보면, 남자가 여자보다 수치가 더 높다. 따라서 몸의 크기와 운동 능력은 남자가 여자보다 더 큰 반면, 지방 비율이 더 많은 여성은 남성보다 부드러운 몸매를 갖게 된다.



남자와 여자의 체내 구성 물질

# 탐구 활동 실험(동영상)

## 목표

음식물에 포함된 3대 영양소의 종류를 확인할 수 있다.

## 원리 설명

1 영양소의 종류에 따라 특정 시약과 반응하여 독특한 색깔이 나타나는 것을 관찰하여 음식물에 포함된 영양소를 검출할 수 있다.

2 색깔 변화가 느리게 나타나는 경우에는 가열하여 반응 속도를 빠르게 한다.

## 유의점

1 홈판과 시험관에 넣은 물질들을 쉽게 구별할 수 있도록 이름표를 붙여 준다.

2 영양소 검출 시약을 떨어뜨릴 때에는 적당량을 떨어뜨리도록 한다.

3 베네딕트 반응에서 알코올램프로 가열할 때 반드시 시험관 집게를 사용하며, 장난치지 않도록 특히 주의한다.

4 황산 구리 수용액과 수산화 나트륨 수용액을 각각 떨어뜨려도 되지만 뷰렛 용액을 미리 만들거나 만들어진 것을 구입하여 사용할 수 있다.

### 탐구 활동 음식물 속에 포함된 영양소 검출 실험(동영상)

**목표**

음식물에 3대 영양소 중 어떤 영양소가 포함되어 있는지 설명할 수 있다.

**준비물**

사과 주스, 숭늉, 달걀흰자, 식용유, 증류수, 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액, 베네딕트 용액, 1 % 황산 구리 수용액, 5 % 수산화 나트륨 수용액, 수단 Ⅲ 용액, 홈판, 시험관, 시험관대, 시험관 집게, 알코올램프, 스포이트

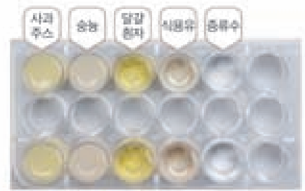
**유의점**

1. 시약별로 스포이트를 따로 사용하여 다른 시약이 섞이지 않도록 한다.
2. 알코올램프로 가열할 때 시험관을 비스듬히 기울이고 입구가 사람 쪽으로 향하지 않게 주의한다.

**과정**

❶ 홈판의 두 줄에 사과 주스, 숭늉, 달걀흰자, 식용유, 증류수를 각각 소량씩 넣어 준비한다.

❷ 시험관 A에는 사과 주스, 시험관 B에는 숭늉, 시험관 C에는 달걀흰자, 시험관 D에는 식용유, 시험관 E에는 증류수를 넣어 두 세트를 준비한다.







❸ 홈판의 첫 번째 줄에 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액을 한 방울씩 떨어뜨리고 색깔 변화를 관찰한다.




❹ 홈판의 다른 한 줄에는 1 % 황산 구리 수용액과 5 % 수산화 나트륨 수용액을 한 방울씩 넣고 색깔 변화를 관찰한다.




❺ 시험관 한 세트에 베네딕트 용액을 한 방울씩 넣고 알코올램프로 가열하여 색깔 변화를 관찰한다.




❻ 남은 시험관 한 세트에는 수단 Ⅲ 용액을 한 방울씩 넣고 흔든 후 색깔 변화를 관찰한다.



## 효과적인 운영을 위한 Tip

1 반응이 잘 일어나는 아이오딘 반응, 뷰렛 반응은 홈판을 이용하여 색깔 변화에 따른 영양소 검출 반응을 비교할 수 있다.

2 제시된 시험관 사진과 영양소 검출 실험을 한 후의 사진을 함께 제시하면 실험 수업이 더 효과적일 수 있다.

3 토의 과정에서 3대 영양소가 모두 포함된 음식을 생각하기보다는 3대 영양소가 많이 포함된 음식의 예를 들게 하고 자신만의 조합을 만들게 한 후, 각 조합에 대한 토의를 하여 창의 · 인성이 배양되도록 지도한다.

## 결과

| | 사과 주스 | 숭늉 | 달걀흰자 | 식용유 | 증류수 |
|---|---|---|---|---|---|
| 아이오딘 반응 | – | 청람색 | – | – | – |
| 뷰렛 반응 | – | – | 보라색 | – | – |
| 베네딕트 반응 | 황적색 | – | – | – | – |
| 수단 Ⅲ 반응 | – | – | – | 선홍색 | – |

## 해석 | 창의 · 인성

1

| 구분 | 사과 주스 | 숭늉 | 달걀흰자 | 식용유 | 증류수 |
|---|---|---|---|---|---|
| 영양소 | 포도당, 과당 | 엿당, 녹말 | 단백질 | 지방 | 없음 |

2 탄수화물, 단백질, 지방이 각각 많이 들어 있는 음식의 예를 들게 하고 학생의 기호에 따라 3대 영양소가 골고루 포함될 수 있게 조합을 만들게 한 후, 토의 과정을 통해 수정하게 한다.

### 결과

다음은 영양소의 종류에 따른 색깔 변화를 나타낸 것이다.

| 베네딕트 반응 (포도당 검출) | 아이오딘 반응 (녹말 검출) | 뷰렛 반응 (단백질 검출) | 수단 Ⅲ 반응 (지방 검출) |
|---|---|---|---|
| 황적색 | 청람색 | 보라색 | 선홍색 |

> 탐|구|도|우|미
> 뷰렛 반응
> 1 % 황산 구리 수용액과 5 % 수산화 나트륨 수용액을 이용하여 단백질을 검출하는 반응

과정 ❸~❻의 홈판과 각 시험관에서 나타나는 색깔 변화를 관찰하고, 그 결과를 표에 기록한다.

| 구분 | 사과 주스 | 숭늉 | 달걀흰자 | 식용유 | 증류수 |
|---|---|---|---|---|---|
| 아이오딘 반응 | | | | | |
| 뷰렛 반응 | | | | | |
| 베네딕트 반응 | | | | | |
| 수단 Ⅲ 반응 | | | | | |

### 해석 창의 · 인성

1 위의 색깔 변화 표를 참고하여 음식물에 포함되어 있는 영양소의 종류를 정리해 보자.

| 구분 | 사과 주스 | 숭늉 | 달걀흰자 | 식용유 | 증류수 |
|---|---|---|---|---|---|
| 영양소 | | | | | |

2 3대 영양소를 골고루 흡수하려면 음식을 어떻게 섭취해야 하는지 토의해 보자.



#### 탐구의 확장 지방의 검출 방법

지방을 검출할 때에는 붉은색의 수단 Ⅲ 용액의 색깔 반응을 이용한다. 그런데 이 방법으로 반응 전후에 색깔 구별이 잘 되지 않아 지방을 확인하기 어려운 경우가 있다. 이때에는 음식물을 종이에 대고 문질러 얼룩이 생기는지 관찰하여 판단한다. 종이에 얼룩이 생기면 지방이 있는 것으로 판단할 수 있다.



⊖ **땅콩의 지방 검출** _ 땅콩을 신문지에 문지르면 신문지에 얼룩이 생긴다. 이 얼룩을 통해 땅콩 속에는 지방 성분이 함유되어 있다는 것을 확인할 수 있다.

1. 소화와 순환 193

예 밥, 빵, 고구마 등은 탄수화물이 많이 들어 있고, 돼지고기, 닭고기, 쇠고기, 두부 등에는 단백질이 많이 들어 있다. 또 식용유, 버터, 참기름, 땅콩 등에는 지방이 많이 들어 있다. 이와 같은 음식들을 골고루 섭취하면 3대 영양소를 골고루 흡수할 수 있다.

## 평가 기준표

| | 평가 문항 | 상 | 중 | 하 |
|---|---|---|---|---|
| 과정 및 결과 | 1. 절차에 따라 실험을 수행하는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 2. 유의 사항을 잘 지키는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 3. 실험 결과를 잘 정리하는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| 해석 | 1. 음식물에 포함된 영양소를 정확하게 파악하는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 2. 3대 영양소가 골고루 포함될 수 있도록 음식물의 조합을 잘 구성하는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 3. 토의를 통해 음식물의 조합을 재구성하는가? | ☐ | ☐ | ☐ |

(점수(✓): 상 / 중 / 하)

## 탐구의 확장

### 지방의 검출 방법

1 물이 종이에 떨어졌을 때 물이 마르면 뒤쪽이 비쳐 보이지 않지만, 지방이 종이에 떨어지면 마르지 않고 뒷면이 비쳐 보인다.

2 에탄올에 녹말이나 단백질을 넣고 흔들었을 때보다 지방을 넣고 여러 번 흔들었을 때 더 뿌옇게 변한다.

## 관련 지식

### 베네딕트 반응

포도당이 황산 구리를 환원시켜 황적색의 침전물인 산화 구리가 되는 원리를 이용한 것이다. 베네딕트 용액은 미국의 의사 베네딕트가 만들어 베네딕트 용액이라는 이름이 붙여졌다.

### 수단 Ⅲ 반응

수용액에 지방이 포함되어 있을 때에는 수단 Ⅲ 용액이 물과 반응하지 않고 지방 알갱이와 반응하여 색깔 변화를 쉽게 확인할 수 있다.

시험관에 지방만 들어 있는 경우도 흔들어서 색깔 변화를 관찰할 수 있다.

### 수단 Ⅲ

수단 Ⅲ는 방향족 고리 화합물로서, 지방을 염색하는 데 뛰어난 효과가 있는 물질이다. 수단 Ⅲ는 인체에 독성이 없기 때문에 이후 개발된 수단 Ⅳ와 함께 널리 사용되고 있다. '수단'이라는 이름 뒤의 번호는 발견된 순서를 의미한다.

수단 Ⅲ 용액을 만들려면 수단 Ⅲ 0.05~0.1 g에 70 % 에탄올과 아세톤을 각각 50 mL 섞으면 된다. 시약 회사에서 파는 것은 에탄올에 아이소프로판올과 메탄올이 소량 섞여 있을 수 있다.

수단 Ⅲ는 5 % 수산화 나트륨 수용액과 1 % 황산 구리 수용액을 섞어 증류시켜 결정체로 만든 것을 말한다. 5 % 수산화 나트륨 수용액은 물 100 mL에 5 g의 수산화 나트륨을 녹인 것이고, 1 % 황산 구리 수용액은 물 100 mL에 1 g의 황산 구리를 녹인 것이다.



**바이타민**

과일과 야채를 잘 먹지 않는 현아의 피부에 나타나는 증상은 바이타민 부족과 관련이 있지 않을까?

바이타민이라는 용어는 각기병에 대한 연구를 하면서 처음 쓰이게 되었다. 흰 쌀만 먹여 키운 닭은 각기병에 걸려 제대로 걷지 못하지만, 쌀눈이 있는 현미를 먹여 키운 닭은 각기병에 걸리지 않았다. 이러한 사실을 통해 닭에게 현미를 먹이면 각기병이 치료되는 것을 알고 현미의 쌀눈에서 각기병을 막아 주는 물질을 찾아내어 생명의 물질이라는 뜻으로 **바이타민**이라고 부르기 시작하였다. 각기병 연구를 통해 바이타민은 적은 양으로도 중요한 생리 기능을 담당한다는 사실을 알게 되었다. 그 후 여러 종류의 바이타민들이 발견되었고, 바이타민이 부족하면 독특한 결핍증이 나타나는 것을 알게 되었다.

최근에는 바이타민을 과다하게 섭취할 경우에 나타나는 부작용에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 바이타민은 섭취량에 따라 결핍증과 과다증이 나타날 수 있기 때문에 권장량을 지킬 필요가 있다.

**용어** 바이타민 B 복합체(군)
바이타민 $B_1$, $B_2$, $B_6$, $B_{12}$ 등은 기능이 각각 다르지만, 보통 같은 음식물에 함께 존재하므로 이들을 바이타민 B 복합체(군)라고 한다.

표 Ⅳ-1 바이타민 종류와 기능

| 구분 | 종류 | 기능 | 결핍증 | 과다증 |
|---|---|---|---|---|
| 수용성 바이타민 | $B_1$ | 세포 호흡 조절 | 각기병 | |
| | $B_2$ | 정상적인 생장 | 구내염 | |
| | C | 이와 잇몸의 건강 유지 | 괴혈병 | 복통, 설사 |
| 지용성 바이타민 | A | 시력 유지, 골격 형성 | 야맹증 | 골다공증, 현기증 |
| | D | 뼈와 이의 칼슘 흡수 촉진 | 구루병 | 생장 지연, 설사 |
| | E | 생식 세포 형성 | 불임증 | 두통, 설사, 피로 |
| | K | 혈액 응고 작용에 필요 | 혈액 응고 지연 | 빈혈, 황달 |

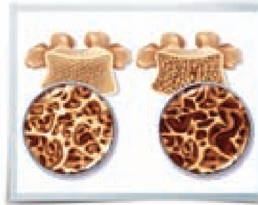


그림 Ⅳ-6 정상인(왼쪽)과 골다공증 환자(오른쪽)의 뼈



그림 Ⅳ-7 각기병_바이타민 $B_1$ 결핍증



그림 Ⅳ-8 구루병_바이타민 D 결핍증

194 Ⅳ. 소화·순환·호흡·배설

## 효과적인 수업을 위한 Tip

1 학생들에게 교과서에 제시된 음식물뿐만 아니라 가정과 학교에서 먹는 음식물 속의 영양소를 찾을 수 있게 한다.
2 바이타민의 결핍증을 바이타민의 발견 과정과 함께 설명하여 학생들의 흥미를 유발시킨다.
3 바이타민의 과다증과 남용을 연관 지어 올바른 식생활 습관에 대한 판단을 스스로 할 수 있도록 유도한다.
4 바이타민, 무기 염류의 결핍증을 실생활과 관련된 소재를 활용하여 설명하면서 흥미를 유발시킨다.

## 관련 지식

### ❀ 수용성 바이타민과 지용성 바이타민

수용성 바이타민은 물에 잘 녹는 바이타민이고, 지용성 바이타민은 기름에 잘 녹는 바이타민이다. 일반적으로 수용성 바이타민은 많이 섭취하더라도 오줌으로 배설되므로 과잉 독성이 나타나는 경우가 적지만 지용성 바이타민, 특히 바이타민 A와 바이타민 D는 간에 축적되어 과잉 독성을 나타낸다.

### ❀ 대장균과 바이타민 K

바이타민 K는 혈액 응고에 중요한 역할을 하며, 바이타민 K가 부족하면 혈액 응고가 되지 않아 과다 출혈이 일어나게 된다. 대장균 중에는 소화·흡수되지 않은 음식물을 이용하여 바이타민 K를 합성하기도 하는데, 성인의 경우에는 대장에서 흡수하여 이용한다.

### ❀ 감자 속 바이타민 C

감자 속 바이타민 C 함유량은 사과에 함유된 바이타민 C의 세 배에 해당하는 36 mg/100 g으로서, 하루 두 개(140 g 감자 기준)만 먹으면 성인의 하루 바이타민 C 권장 섭취량(100 mg/일)을 채울 수 있다. 특히 감자의 바이타민 C는 전분에 둘러싸여 보호되기 때문에 가열에 의한 손실이 적다. 감자는 40분간 쪄도 바이타민 C의 75 % 정도가 그대로 남으며, 찐 감자의 경우 바이타민 C의 67 %가 체내로 흡수된다.

## ✚참고 자료 바이타민, 지나치면 독이 될 수 있다.

바이타민을 많이 먹으면 무조건 좋을 것이라고 생각하기 쉽지만 지나치면 오히려 독성을 나타낼 수도 있다. 아래는 미국 국립 암 연구소와 핀란드 국립 보건 연구원에서 조사한 "바이타민, 지나치면 약이 아니라 독이 될 수 있다."라는 제목의 보고서 내용이다.

- 바이타민 D는 구루병 예방 효과가 있으나 지용성이기 때문에 체내에 축적되면 해롭다.
- 베타카로틴은 체내에서 바이타민 E로 전환되어 폐암 발병을 억제하는 효능이 있다. 그러나 모든 사람에게 적용되는 것은 아니다. 흡연자가 과다 복용했을 때 폐암 발병률이 17 %, 사망률은 8 %가 증가하였다.
- 장수 국가 스웨덴의 여성 골다공증 발병률은 세계 최고인데, 스웨덴 사람들이 많이 먹는 유제품과 지방이 많은 생선에 바이타민 A 함량이 높은 것과 관련이 있다. 조사 결과에 의하면 바이타민 A를 하루 권장량의 두 배에 해당하는 1.5 mg 이상 섭취할 경우, 골밀도가 19 % 감소하고 둔부 골절 위험이 두 배 정도 증가하였다.



**무기 염류**

우유는 성장기 아이들에게 권장하는 대표적인 식품이다. 우유 속의 칼슘이 뼈의 생장 및 뼈 건강을 지켜 주기 때문이다.

또 임신부는 철분제를 따로 복용하기도 하는데, 이는 임신부에게 나타날 수 있는 빈혈을 예방하기 위해서이다. 임신부에게 필요한 철분이 부족하면 헤모글로빈 생성량이 감소하여 빈혈이 나타나게 된다.

칼슘, 철분과 같이 몸을 구성하고 생리 작용을 조절하는 물질을 **무기 염류**라고 한다. 무기 염류는 바이타민과 마찬가지로 체내에서 만들어지지 않으므로 음식물을 통해 섭취해야 한다. 무기 염류가 부족하면 독특한 결핍증이 나타날 뿐만 아니라, 양이 많으면 과다증이 나타나게 된다. 예를 들어 나트륨과 칼륨은 정상 혈압을 유지해 주지만, 양이 많아지면 신경에 문제가 생기거나 고혈압이 될 수 있다.



그림 Ⅳ-9 무기 염류의 기능

**물**

물은 몸무게의 약 66 % 로서, 인체를 구성하는 물질 중 가장 많은 양을 차지하며, 생리 기능을 조절하는 데 꼭 필요한 물질이다. 물은 비열이 커서 체온을 유지하는 데 중요한 역할을 한다. 또한 여러 가지 물질을 용해시켜 생명 활동이 잘 일어날 수 있도록 한다. 따라서 생명 현상이 잘 유지되려면 체내에 물의 양이 항상 일정하게 유지되어야 한다.

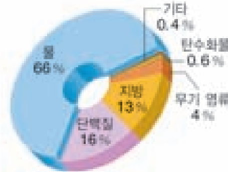


그림 Ⅳ-10 우리 몸의 구성 성분비

자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 생활 연관 짓기 |
|---|---|---|
| 동물성 지방과 식물성 지방 중 과다하게 섭취할 경우 동맥 경화를 유발할 수 있는 것은 무엇인가? | 3대 영양소에 비해 바이타민과 무기 염류의 필요량은 어떻게 다른가? | 비만인 사람이 다이어트(식이 요법)를 하거나 운동을 하면 살을 뺄 수 있는 이유를 간단히 설명해 보자. |

1. 소화와 순환 195

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

상온에서 고체인 동물성 지방은 동맥 경화를 유발할 수 있다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

3대 영양소는 에너지원으로 사용하기 때문에 필요량이 많다. 이에 비해 무기 염류와 바이타민은 에너지원으로 사용되지 않기 때문에 필요량이 3대 영양소 보다 적다.

▶ **과학과 생활 연관 짓기**

다이어트를 통해 에너지원은 적게 섭취하고 운동을 통해 저장된 에너지를 소비하기 때문에 체중이 감소한다.



### ❀ 무기 염류의 종류와 작용

| 종류 | 작용 | 결핍증 |
|---|---|---|
| 칼슘(Ca) | 뼈, 이의 성분, 혈액 응고, 근육 수축에 관여 | 골다공증 |
| 인(P) | 뼈, 이, 핵산의 성분 | 골다공증 |
| 나트륨(Na) | 혈장 성분, 삼투압 조절 | 신경 이상 |
| 칼륨(K) | 세포액 성분, 삼투압 조절 | 신경 이상 |
| 염소(Cl) | 위액, 혈장의 성분, 삼투압 조절 | 소화 장애 |
| 마그네슘(Mg) | 뼈, 혈장 성분, 효소 활성 | 효소 억제 |
| 철(Fe) | 헤모글로빈 성분, 세포 호흡에 관여 | 빈혈 |
| 아이오딘(I) | 갑상샘 호르몬 성분 | 갑상샘종 |

### ❀ 부영양소의 기능 비교

바이타민, 무기 염류, 물은 몸의 기능을 조절한다는 공통점이 있으며, 그중에서도 무기 염류와 물은 몸을 구성하는 기능도 한다.

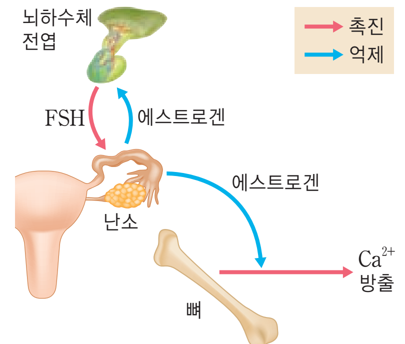
## 관련 지식

### ❀ 물의 수소 결합

물은 분자들끼리 서로 수소 결합을 하여 안정된 분자 배열 상태를 유지한다. 이 때문에 물은 비열이 커서 쉽게 덥혀지거나 식지 않아서 체온 유지에 큰 기여를 한다.

### ❀ 여성의 골다공증

골다공증은 뼈에서 칼슘이 빠져나오면서 뼈에 미세한 구멍이 많이 생겨 뼈가 약해지는 증상이다. 여성의 골다공증은 폐경기 이후에 갑자기 나타날 수 있다. 에스트로겐은 뼈에서 칼슘이 빠져나가는 것을 방지해 준다. 30대 이후 연령이 증가함에 따라 0.4~2 %의 골밀도 감소가 나타나지만 폐경기 이후 난소에서 에스트로겐의 분비량이 감소하면서 골다공증이 심해져 1년에 1~5 % 정도의 빠른 골밀도 손실이 일어나게 된다.



에스트로겐과 FSH

# 1-3 소화와 흡수

## | 학습 내용 안내 |

(1) 소화의 필요성과 소화의 종류를 구분하여 이해한다.

(2) 각 소화관의 구조와 소화 과정을 연관시켜 이해한다.

(3) 3대 영양소의 화학적 소화 과정을 안다.

## | 학습 전개 |

소화의 필요성과 종류를 구분하게 한다.



입에서의 소화 과정을 설명하고, 녹말의 화학적 소화를 탐구를 통해 말할 수 있게 한다.



위의 구조와 위에서 일어나는 소화 과정의 특성을 설명하게 한다.



소장에서 일어나는 3대 영양소의 화학적 소화 과정을 설명하게 한다.



# 1-3 소화와 흡수

학습 목표

- 소화관에서 음식물이 소화가 일어나는 과정을 설명할 수 있다.
- 최종 소화 산물이 흡수되고 이동하는 과정을 설명할 수 있다.

승훈이는 가마우지에 대한 다큐멘터리를 보면서 어미 새의 자식 사랑에 깊은 감명을 받았다. 바다로 나갔던 어미 가마우지가 여러 마리의 물고기를 잡아 삼킨 다음 어린 새끼가 있는 둥지로 돌아온다. 허기진 어린 새끼들은 어미의 부리를 쪼면서 먹이를 달라고 보챈다. 어미는 커다란 물고기를 소화시키지 못하는 새끼들에게 위 속에서 어느 정도 소화되어 부드럽게 변한 물고기를 토해 내어 먹인다.

다큐멘터리를 보는 동안 승훈이는 자신의 어릴 때 모습을 상상해 본다. 어머니는 젖을 떼기 위해 어린 자신에게 부드럽게 죽을 만들어서 먹였을 것이다. 왜냐하면 맨밥을 그냥 먹이면 소화를 시키지 못하기 때문이다. 중학생이 된 지금도 밥을 먹을 때마다 어머니로부터 꼭꼭 씹어 먹으라는 말을 듣는다. 실제로 밥을 급하게 먹을 때보다 꼭꼭 씹어 먹을 때가 위에 부담이 적다.

어미 가마우지와 어머니의 행동에는 기계적 소화를 대신해 주는 공통점이 있지 않을까?



❸ 그림 Ⅱ-11 가마우지_ 어미 가마우지는 물고기를 잡아 삼킨 다음 위 속에서 어느 정도 소화된 물고기를 토해 내어 어린 새끼에게 먹인다.



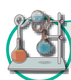
찾아보기

- 국립 소화기 질병 정보 교환 센터
  http://digestive.niddk.nih.gov/ddiseases/pubs/yrdd
- 대한 대장항문학회
  http://www.colon.or.kr

## | 관련 지식 |

### ❀ 가마우지

가마우지는 가마우지과에 속하는 조류를 총칭하는 말로서, 전 세계에 32종이 분포한다. 둥지는 나뭇가지와 해조류를 이용하여 절벽의 바위턱에 만든다. 가마우지는 물 위에서 헤엄을 치면서 먹을 물고기를 찾는다. 물고기를 발견하면 물속으로 잠수하여 물갈퀴가 달린 발로 힘차게 헤엄을 쳐서 물고기를 잡는다.



학습 자료실

### ❀ 아기의 소화 기관이 제 기능을 발휘하는 시기는?

아기들은 태어날 때부터 빨고 삼키는 반사를 할 수 있어 본능적으로 젖을 빨아 먹는다. 또한 익숙하지 않은 딱딱한 고형물이 혀에 닿으면 밀어내는 '밀어내기 반사' 능력도 갖추고 태어난다. 출생 후 4~5개월이 지나면 이런 두 가지 반사가 사라지게 되면서 입 안으로 들어온 음식물을 혀를 이용하여 삼키는 능력이 생기게 된다. 이 시기를 이유식을 시작하는 시기로 볼 수 있으며, 생후 6개월이 지나면 본격적으로 부드러운 음식을 이유식으로 먹일 수 있다.

### ❀ 비둘기도 지방과 단백질이 풍부한 젖을 만든다?

비둘기도 사람과 똑같이 새끼에게 젖을 먹인다. 비둘기의 젖은 소낭유라고 부른다. 하지만 이것은 유방에서 분비되는 것이 아니다. 비둘기에는 유방이 없다. 비둘기의 젖은 식도의 일부가 부풀어져서 주머니가 된 소낭에서 만들어진다. 암컷이 알을 낳아 품기 시작하면, 암컷과 수컷에서 모두 소낭이 발달한다. 알에서 새끼가 태어나면 소낭의 안쪽에 조직 세포가 벗겨져 떨어지는데, 이것이 소낭유이다. 비둘기 부모는 조직 세포가 벗겨져서 만들어진 소낭유를 토하여 새끼에게 먹이는 것이다.

소화의 종류

'그림의 떡'이라는 속담이 있다. 그림 속에 아무리 맛있는 떡이 있어도 먹을 수 없는 것처럼 음식물 속에 좋은 영양소가 들어 있어도 소화를 시키지 못하면 몸 안으로 흡수할 수 없다. 음식물을 소화시키는 것은 영양소를 흡수하기 위한 과정에 해당한다. 소화는 음식물 속의 영양소를 흡수할 수 있는 형태로 변화시키는 과정이다. 이러한 소화는 큰 음식물 덩어리를 잘게 부수는 것으로부터 시작되는데, 이와 같은 작용을 **기계적 소화**라고 한다. 기계적 소화가 일어날 때 음식물의 크기는 변하지만 영양소의 성질은 변하지 않는다.

음식물에 들어 있는 영양소는 소화 효소에 의해 작게 분해되는데, 이와 같은 작용을 **화학적 소화**라고 한다. 녹말, 지방, 단백질과 같은 큰 영양소는 소화 효소에 의해 작은 영양소로 바뀐 다음 몸 안으로 흡수된다.

소화 기관에서 소화는 어떤 과정을 거쳐 일어나는 것일까?

기계적 소화

위, 소화관

물리적인 힘을 가해 음식물을 작은 덩어리로 쪼개거나 소화 효소와 섞이게 하고 이동시키는 소화 방법이다.

화학적 소화

소화 효소

소화 기관에서 분비하는 소화 효소에 의해 큰 영양소가 작은 영양소로 분해되는 소화 방법이다.

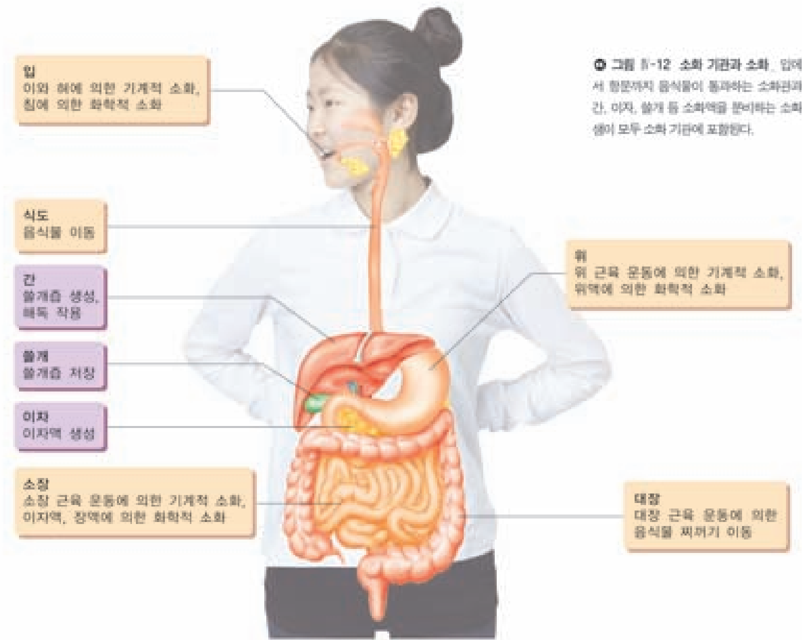



그림 Ⅱ-12 소화 기관과 소화 입에서 항문까지 음식물이 통과하는 소화관과 간, 이자, 쓸개 등 소화액을 분비하는 소화샘이 모두 소화 기관에 포함된다.

1. 소화와 순환 197



❀ 기계적 소화

(1) **음식물의 분쇄** 입과 위의 근육 운동에 의해 큰 음식물 덩어리가 작은 알갱이로 분해되어 위에서는 죽처럼 된다. 이 과정을 통해 음식물은 소화액과 접촉하는 면적이 넓어진다.

(2) **음식물과 소화액의 혼합** 입 안에서 혀의 운동, 위 근육 운동과 소장 근육 운동의 분절 운동으로 음식물과 소화액이 혼합된다.

(3) **음식물의 이동** 혀의 삼킴 운동, 식도와 위, 소장, 대장의 꿈틀 운동에 의해 음식물이 소화관을 따라 이동한다. 꿈틀 운동은 소화관에서 음식물이 지나간 뒤쪽 소화관 근육이 수축하는 방식으로 일어나기 때문에 음식물은 한쪽 방향(입에서 항문 쪽)으로 이동하게 된다.

❀ 화학적 소화

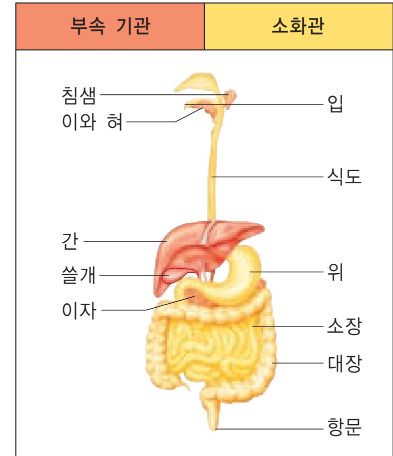
(1) 소화 효소에 의한 소화 과정으로서, 큰 영양소가 작은 영양소로 분해된다.

(2) 소화 효소는 모두 가수 분해 효소이다. 예를 들어 녹말이 아밀레이스에 의해 엿당으로 분해될 때 각 분해 과정마다 물 한 분자가 사용되는데, 이 과정을 가수 분해라고 한다.

## 관련 지식

❀ 소화관과 부속 기관

소화 기관은 음식물이 통과하면서 소화가 일어나는 근육질 관인 소화관과 소화를 돕기 위해 소화액을 생성하고 분비하는 소화샘, 이와 혀 등의 부속 기관으로 구성된다.




❷ 소화계

❀ 혀의 삼킴 운동

음식물을 입 안에서 인두 안으로 밀어 넣는 수의 운동에 의해 시작된다. 음식물을 인두 안으로 밀어 넣으면 인두에 있는 여러 근육의 불수의적(반사적) 수축에 의해 음식물이 식도로 내려간다.

❀ 식도의 기능

입과 위를 연결하는 기관으로서, 근육으로 이루어져 있다. 길이는 약 25 cm이며, 벽에서 점액이 분비된다. 이 점액은 음식물이 식도를 따라 쉽게 이동할 수 있게 한다. 식도에서는 소화가 일어나지 않으며, 꿈틀 운동으로 음식물을 위로 밀어 내린다.

꿈틀 운동이란 식도나 위, 장과 같은 소화관에서 무의식적으로 일어나는 근육 수축 운동으로서, 환상근과 종주근에 의해 수축과 이완이 반복되어 음식물이 이동하는 것을 말한다. 이와 같은 현상은 지렁이가 이동하는 원리와 같다.

물구나무서기를 한 상태에서 물이나 다른 음식물을 삼켜도 음식물이 입 밖으로 나오지 않고 위로 이동하는 것도 식도가 꿈틀 운동을 하기 때문이다.

## | 관련 지식 |

### ❀ 실험군과 대조군

실험 결과를 도출하기 위해 어떤 조작을 통해 환경을 설정한 집단이 실험군이고, 이와 달리 실험 결과가 제대로 도출되었는지의 여부를 판단하기 위해 어떤 조작이나 조건도 가하지 않은 집단이 대조군이다.

## 탐구 활동 실험

### | 목표 |

침을 통한 녹말의 화학적 소화 과정을 설명할 수 있다.

### | 원리 설명 |

1 침 속에 있는 아밀레이스는 녹말을 엿당으로 분해시킨다.

2 아밀레이스는 효소이므로 침을 끓이게 되면 변성되어 녹말을 분해시키지 못한다.

3 아밀레이스는 체온 범위의 온도에서 가장 활발하게 활동한다.

### | 유의점 |

1 침을 모을 때 미리 입 안을 헹구어 침에 이물질이 포함되지 않도록 주의한다.

2 알코올램프 대용으로 핫플레이트를 사용하여도 무관하며, 불을 다룰 때에는 특히 조심한다.

### 효과적인 운영을 위한 Tip

1 침을 모을 때 여러 학생의 침을 섞지 않고 한 사람의 침만 사용하여 실험하면 침의 차이가 있을지도 모른다고 생각할 수도 있다. 녹말을 분해하는 침의 역할에는 개인차가 없다는 것을 확인하게 한다.

2 대조군이 설정되지 않은 실험은 비교 기준이 없어서 실험 결과를 해석할 수 없다는 것을 알려 준다.

3 실험 해석에 대한 토의 과정에서 창의 · 인성이 배양되도록 지도한다.



**입에서의 소화**

밥이 입으로 들어오면 이로 씹어서 밥알을 잘게 으깬다. 혀는 입 안에서 밥알과 침이 잘 섞이도록 돕고 음식물을 삼키게 해 준다. 침샘에서 분비되는 침에는 점액과 **아밀레이스**라는 소화 효소가 들어 있다. 점액은 음식물을 부드럽게 해 주고 구강 벽을 보호해 준다. 아밀레이스는 녹말을 엿당으로 분해시키는 소화 효소로서 화학적 소화를 담당한다.

침에 의해 녹말이 분해되는 과정에 대해 알아보자.

**탐구 활동** 침에 의한 녹말의 소화 실험

**목표**

침을 통한 녹말의 화학적 소화 과정을 설명할 수 있다.

**준비물**

녹말 용액, 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액, 증류수, 물, 시험관, 시험관대, 온도계, 비커, 스탠드, 클램프, 컵, 스포이트, 알코올램프 또는 핫플레이트, 삼발이, 쇠그물, 실

**⚠ 유의점**

1. 모둠별로 미리 침을 모아 둔다.
2. 알코올램프를 사용할 때 화기에 주의하며, 알코올램프 대신 핫플레이트를 사용해도 된다.
3. 시약별로 스포이트를 따로 사용한다.

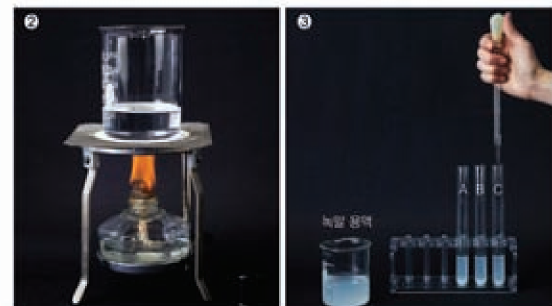
**과정**

❶ 증류수를 입에 물고 1분 정도 있다가 두 개의 비커에 묽은 침을 모은다.

❷ 침을 모은 두 개의 비커 중 한 개의 비커는 알코올램프로 가열한 후 식힌다.

❸ 3개의 시험관 A, B, C에 녹말 용액을 10 mL씩 각각 넣는다.






198 Ⅱ. 소화 · 순환 · 호흡 · 배설

### | 결과 |

1

| 시험관 | 시험관에 첨가한 물질 | 실험 결과 비교 | |
|---|---|---|---|
| | | 처음 색깔 | 아이오딘 반응 후 색깔 |
| A | 증류수 | 무색 | 청람색 |
| B | 묽은 침 | 무색 | 갈색 |
| C | 끓인 침 | 무색 | 청람색 |

2 A에는 침이 없고, B에는 침이 들어 있으므로 침에 의한 녹말 분해를 알아보려면 시험관 A와 B를 비교해야 한다.

### | 해석 | 창의 · 인성

1 시험관 B. 녹말이 분해되면 아이오딘 반응이 일어나지 않아 청람색으로 변하지 않는다.

2 엿당은 베네딕트 반응으로 검출된다. 따라서 실험이 끝난 시험관 B에 베네딕트 용액을 넣고 가열하여 황적색으로 변하는 것을 확인함으로써, 엿당의 존재를 알 수 있다. 시험관 A를 대조군으로 하여 함께 베네딕트 반응을 시켜 본다.

❹ 시험관 A에는 증류수 10 mL, 시험관 B에는 묽은 침 10 mL, 시험관 C에는 끓인 침 10 mL를 넣는다.

❺ 35~40°C의 물이 들어 있는 비커에 시험관을 모두 넣고 20분간 둔다.

❻ 시간이 지난 후 시험관 A, B, C에 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액을 한 방울씩 떨어뜨리고 색깔 변화를 관찰한다.




**결과**

1 실험 결과를 다음 표에 기록한다.

| 시험관 | 시험관에 첨가한 물질 | 실험 결과 비교 | |
|---|---|---|---|
| | | 처음 색깔 | 아이오딘 반응 후 색깔 |
| A | 증류수 | | |
| B | 묽은 침 | | |
| C | 끓인 침 | | |

2 침이 녹말을 분해한다는 것을 알아보기 위해서는 어떤 시험관을 비교해야 하는가?

**해석** 창의 · 인성

1 녹말이 분해된 시험관은 어떤 것이며, 그렇게 판단한 이유는 무엇인가?

2 녹말이 침에 의해 분해되면 엿당이 만들어진다. 엿당이 만들어진 것을 알아보려면 어떻게 해야 하는지 토의해 보자.

3 낮은 온도(0°C)에서 녹말을 분해하는 효소의 활동이 어떻게 달라지는지 알아보려면 어떤 실험을 추가해야 하는가?

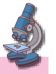
1. 소화와 순환 199

3 시험관 B와 같은 조건의 시험관과 침을 0°C에 두었다가 혼합하여 녹말 검출 반응을 해 본다.
(온도가 낮아지면 아밀레이스의 활성이 떨어져 반응 속도가 느려진다.)

## 평가 기준표

| 평가 문항 | | 점수(✓) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 상 | 중 | 하 |
| 과정 및 결과 | 1. 절차에 따라 실험을 수행하는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 2. 유의 사항을 잘 지키는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 3. 실험 결과를 잘 정리하는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| 해석 | 1. 녹말 분해가 일어난 시험관을 잘 찾는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 2. 엿당이 생성된 것을 확인할 수 있는 방법을 정확하게 제시하는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 3. 추가해야 할 실험 방법을 정확하게 제시하는가? | ☐ | ☐ | ☐ |

## 과학 돋보기



### 구강 점막

피부가 표피와 진피로 이루어진 것과 마찬가지로 구강 점막도 비슷한 구조로 되어 있다. 하지만 구강 점막에는 피부에 있는 모낭, 피지샘, 땀샘이 없고, 피부에는 없는 작은 침샘들이 있으며 작은 침샘으로부터 분비관이 구강 쪽으로 열려 있다.

### 다이아스테이스

다이아스테이스는 1833년 앙셀름 파앤이 엿기름 용액에서 발견하여 세계 최초로 추출한 효소이다. 엿기름에 알코올을 첨가하면 침전되는 흰 분말이 녹말을 당분으로 분해하는 것을 발견하고, 이 효소를 다이아스테이스라고 명명하였다. 다이아스테이스는 $\alpha$와 $\beta$-아밀레이스가 포함되어 있다.

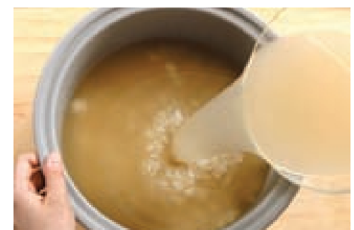
### 참고 자료 식혜(감주) 만들기

(1) 엿기름을 따뜻한 물에 1~2시간 담가 엿기름물을 만든다. → 엿기름으로부터 아밀레이스를 우러나게 하는 과정이다.

(2) 이미 만들어 놓은 밥에 (1)의 엿기름물을 따르고 적당량의 물을 붓는다. → 녹말과 아밀레이스를 결합시키는 과정이다.

(3) 30°C로 유지하면서 4~5시간 두면 밥알이 물 위로 뜬다. → 아밀레이스에 의한 녹말 분해가 진행되는 과정으로서, 녹말이 분해되면 밥알이 가벼워져서 물 위로 뜬다.

(4) 전체를 끓여서 식힌다. → 아밀레이스에 의한 녹말 분해 작용을 중단시키는 과정이다.



❷ 밥에 엿기름 물을 붓는 모습

스스로 해결하기
입 안에서 이와 혀에 의한 음식물의 소화는 (          ) 소화이고, 아밀레이스에 의한 소화는 (          ) 소화이다.

녹말은 침 속의 아밀레이스에 의해 엿당으로 분해된다. 아밀레이스와 같은 효소는 체온과 비슷한 온도에서 활발하게 작용하며, 온도가 너무 높아지면 더 이상 작용하지 못한다. 따라서 묽은 침을 끓이면 침 속에 들어 있는 아밀레이스는 더 이상 작용하지 못한다.

침샘에는 턱밑샘, 혀밑샘, 귀밑샘의 세 종류가 있으며 하루에 약 1~1.5 L의 침이 분비된다. 이에 의해 잘게 부수어지고 침과 혼합되어 부드러워진 음식물은 삼킴 운동에 의해 식도로 넘어간다. 식도의 길이는 약 25 cm이며, 꿈틀 운동에 의해 음식물이 위로 이동한다.

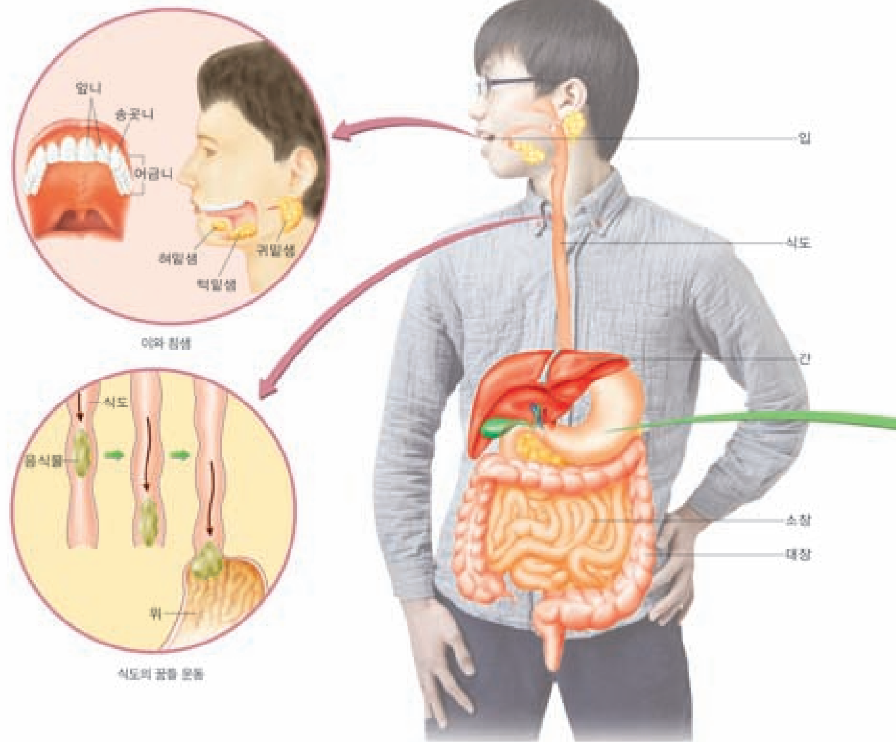



그림 Ⅱ-13 입에서의 소화



스스로 해결하기
입 안에서 이와 혀에 의한 음식물의 소화는 ( 기계적 ) 소화이고, 아밀레이스에 의한 소화는 ( 화학적 ) 소화이다.

## 관련 지식

### 효소의 특성

(1) 효소는 생체 촉매로서, 생물체 내에서 일어나는 거의 모든 화학 반응에 관여한다.
(2) 인체에 존재하는 대부분의 소화 효소는 모두 체온과 비슷한 30~40℃에서 최대의 활성을 나타내며, 이보다 높거나 낮은 온도에서는 효소의 활성이 떨어지거나 기능이 정지된다. 그 이유는 효소의 주성분이 단백질이기 때문에 온도가 너무 높으면 효소의 구조가 변형되어 제 기능을 발휘하지 못하기 때문이다.
(3) 효소마다 적합한 pH가 있어서 최적 pH 범위 내에서만 그 기능을 나타낸다.
(4) 한 가지의 효소는 특정한 기질과 작용하는 특이성이 있다.
(5) 자신은 변하지 않고 생체 내 화학 반응 속도만을 빨라지게 한다.




### 볼거리

볼거리는 유행성 이하선염이라고도 불리며, 멈프스 바이러스에 의해 귀밑샘에 염증이 유발되는 병이다. 침 속에 들어 있던 바이러스가 재채기나 기침 등에 의해 다른 사람에게 전염된다. 2~3 주간의 잠복기를 거친 후 발열, 두통, 근육통, 식욕 부진, 구토 등의 증세가 나타나며, 자연 치유될 수 있다.

### 역류성 식도염

역류성 식도염은 위산즙(위산과 소화 효소)이 식도로 역류하는 소화기 질환이다. 식도는 음식을 구강에서 위로 전달해 주는 근육으로 이루어진 관이다. 역류성 식도염은 식도 점막이 위산즙에 의해 염증이 발생하고, 점막이 타는 듯한 증상이 나타난다.




### 입에서의 소화

(1) **이에 의한 기계적 소화**　음식물의 소화는 입에서부터 시작된다. 음식물이 입 안으로 들어오면 이에 의해 잘게 부서지며 무조건 반사에 의해 침샘에서 분비되는 침과 섞이게 된다.
(2) **침에 의한 화학적 소화**　침은 물이 약 99.5 %이고 약간의 아밀레이스와 무기 염류가 함유되어 있으며 하루에 1~1.5 L 분비된다. 침 분비는 연수에 의해 조절되며 침의 pH는 6.8~7.2 정도의 중성을 나타낸다. 침 속에 들어 있는 아밀레이스는 녹말을 엿당과 덱스트린으로 분해시킨다. 밥을 입 안에 넣고 오래 씹으면 단맛이 나는데, 이것은 밥 속의 녹말 성분이 침에 의해 단맛이 나는 엿당으로 분해되었기 때문이다. 침은 입 안의 음식물 찌꺼기와 세균을 씻어 내어 청결을 유지하는 데에도 도움을 주며 음식물을 삼키기 쉽게 해 주는 역할도 한다.

### 입의 구성

(1) **침샘**　턱밑샘, 혀밑샘, 귀밑샘은 큰 침샘이며, 구강 상피에 작은 침샘들이 분포한다. 침의 60~70 %는 턱밑샘에서 분비된다.
(2) **이**　상하 모두 좌우 대칭으로 되어 있으며, 앞니, 송곳니, 어금니로 구성되어 있다.

**위에서의 소화**

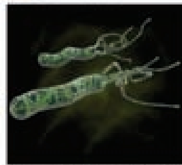
음식물이 위에 도달하면 위의 운동을 통해 이동하면서 잘게 부서지는 기계적 소화가 일어난다.

사람의 위는 용량이 약 2 L이며, 위의 윗부분은 식도에 연결되어 있고, 위의 아랫부분은 소장의 십이지장과 연결되어 있다. 위의 안쪽 벽에는 많은 주름이 있어서 음식물과 닿는 표면적이 넓다. 또한 주름 사이에 위샘이 발달되어 있어서 음식물 등의 자극으로 위액이 분비된다. 위액에는 점액, 위산, 펩시노젠이 들어 있다. 점액은 위벽을 싸서 보호해 주는 역할을 한다.

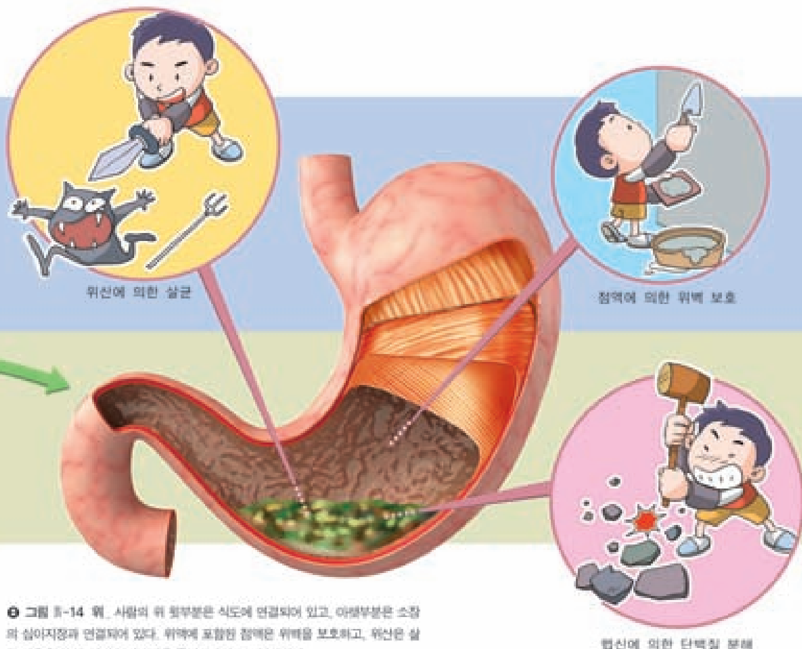
위산은 활성이 없는 펩시노젠을 활성이 있는 펩신으로 변화시켜 위에서 단백질이 작은 폴리펩타이드로 분해되는 화학적 소화가 일어나도록 해 준다. 위산은 강한 산성 물질로서, 음식물에 섞여 들어온 각종 세균을 죽이는 역할도 한다.

위에서 소화된 음식물은 죽과 같은 상태가 되어 십이지장으로 이동한다.

헬리코박터균



위벽에 기생하는 세균으로서, 염기성 물질을 만들어 위산을 중화시킴으로써 자신을 보호할 수 있다. 이 세균은 위염과 위궤양을 일으킨다.




❸ 그림 Ⅲ-14 위_ 사람의 위 윗부분은 식도에 연결되어 있고, 아랫부분은 소장의 십이지장과 연결되어 있다. 위액에 포함된 점액은 위벽을 보호하고, 위산은 살균 작용을 하며, 펩신은 단백질을 폴리펩타이드로 분해한다.

1. 소화와 순환 201

## ❀ 위에서의 소화

(1) **기계적 소화** 위에서는 근육에 의해 음식물이 부서지는 기계적 소화가 일어나 음식물을 암죽(위액에 의해 음식물이 분해되어 짙은 회색의 액체로 변한 것) 상태로 만든다.

(2) **화학적 소화** 단백질 소화 효소인 펩신에 의해 단백질이 작은 폴리펩타이드로 분해된다.

**✚참고 자료** **단백질로 이루어진 위는 왜 소화되지 않을까?**

위에는 뮤신이라고 하는 점액이 분비되어 위벽의 자체 소화를 방지하고 있다. 즉, 위액에 포함된 펩신이 단백질 분해 효소임에도 불구하고 위벽이 소화되지 않는 까닭은 뮤신이 단백질 분해 효소가 위벽에 직접 닿지 않도록 차단하는 역할을 하기 때문이다.

위벽의 소화를 막는 또 다른 요인은 펩시노젠이다. 단백질 분해 효소가 위샘의 주세포에서 활성이 없는 펩시노젠의 형태로 분비되어 위샘 자체의 소화를 방지하고 있다. 즉, 위샘에서 단백질 분해 효소인 펩신이 직접 분비되면 위샘 자체가 소화되므로 이를 방지하기 위하여 효소의 활성을 갖지 않는 상태인 전구 물질로 분비된 다음, 염산에 의해서 소화 효소가 활성을 가지게 되는 것이다.

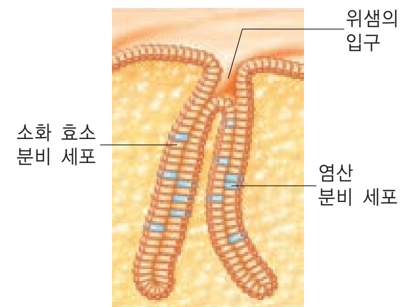
# | 관련 지식 |

## ❀ 분문

위와 식도의 연결 부위는 괄약근이 있어서 음식물의 이동을 조절한다. 이 괄약근을 분문이라고 한다. 음식물이 식도로 이동하면 반사적으로 분문이 열린다.

## ❀ 위샘의 구조

위샘에 있는 분비 세포는 두 종류가 있어서 각각 소화 효소인 펩시노젠과 염산을 분비한다.




❸ 위샘의 구조

## ❀ 위궤양과 헬리코박터균

위에 음식물이 들어오면 위산이 적당량 분비된 후에 분비가 중단된다. 위산에 의해 pH가 낮아지면 위산 분비가 촉진되지 않기 때문이다. 그러나 헬리코박터균이 있는 곳에서는 세균이 염기성 물질을 만들어 위산을 중화시키기 때문에 위산 분비가 계속 촉진된다. 과도하게 분비되는 위산에 의해 위벽에 상처가 생긴 증상을 위궤양이라고 한다.

## ❀ 위산의 역할

위산은 위샘의 부세포에서 분비되고, 강한 산성(pH 2)을 나타낸다. 먹은 것을 토해 내었을 때 시큼한 냄새가 나는 것도 바로 이 위산 때문이다. 위산은 펩시노젠을 펩신으로 활성화시켜 소화 작용이 일어나게 한다. 또한 강산이므로 세균을 살균시키며, 부패를 방지하는 효과도 있다.

## ❀ 제산제

제산제란 속이 쓰릴 때 통증을 완화시키기 위해 먹는 약으로서, 위액 중의 염산을 중화시켜 궤양 부위에 대한 자극을 줄이고 통증을 완화시킨다.

**잠깐 체크**

위에서 내려온 산성 음식물은 이자액에 포함된 염기성 물질에 의해 중화되므로 십이지장이 손상되지 않는다. 만일 염기성 물질이 부족하면 산성 물질에 의해 십이지장이 손상될 수 있다.

**심화 학습** **지방의 유화**

쓸개즙에는 양쪽성(친수성과 친유성)을 갖는 염류가 있다. 이 염류의 친유성 부분은 지방과 결합하고 친수성 부분은 물과 결합하여 지방 덩어리를 지방 알갱이로 분해하여 지방이 물과 섞일 수 있게 만들어 준다. 이 때문에 라이페이스가 지방과 접촉하는 면적이 넓어져 지방의 소화 속도가 빨라지게 된다.

**참고 자료** **장까지 살아가요!**

일반 요구르트에 들어 있는 유산균이 사람의 체내로 들어가면 강한 산성을 띠는 위를 지나가게 된다. 그러나 위를 지나 장까지 살아갈 수 있는 유산균의 양은 처음의 50 % 정도에 불과하다. 이것을 보완하여 만든 것이 캡슐 요구르트이다. 캡슐 요구르트의 유산균은 장 속까지 살아서 갈 수 있도록 유산균에 보호막을 입혀 놓은 것이다. 유산균을 보호하는 막은 지방으로 이루어진 얇은 막으로서, 위에서 지방이 소화되지 않는 특성을 이용한 것이다. 위를 무사히 통과한 캡슐은 소장을 지나게 되는데, 이때 이자에서 분비되는 지방 분해 효소인 라이페이스에 의해 캡슐이 분해된다. 대부분의 유산균은 소장을 지나 대장으로 들어가 제 역할을 할 수 있게 된다.

보충 지방의 유화




간에서 만들어진 후 쓸개에 저장되어 있다가 분비되는 쓸개즙에 의해 지방이 작은 알갱이로 분해된다.



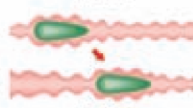




그림 Ⅳ-15 소장의 운동

**소장에서의 소화**

소장의 길이는 약 7 m로서, 소화관 중에서 가장 길다. 소장에서는 소장 근육의 분절 운동과 꿈틀 운동에 의해 음식물이 소화액과 섞이면서 대장까지 이동한다.

십이지장은 위와 연결된 소장의 윗부분으로서, 길이는 약 30 cm에 불과하지만 쓸개즙과 이자액이 분비되는 중요한 장소이다. 이자액에는 산성을 중화시키기 위한 염기성 물질이 포함되어 있어 위에서 내려온 산성의 음식물로부터 십이지장을 보호해 준다.

이자액에는 **트립신, 아밀레이스, 라이페이스** 등 3대 영양소를 분해하는 효소가 포함되어 있다. 트립신에 의해 폴리펩타이드가 더 작은 크기로 분해되고 아밀레이스에 의해 녹말이 엿당으로 분해된다. 쓸개즙에는 소화 효소가 들어 있지 않지만 큰 지방 덩어리를 작은 지방 알갱이로 만들어 준다. 이것을 지방의 유화라고 하며, 유화된 지방 알갱이는 라이페이스에 의해 지방산과 글리세롤로 쉽게 분해된다. 그러므로 쓸개를 제거하면 지방을 소화하는 데 어려움을 겪을 수 있다. 소장의 안쪽 벽에는 장샘이 있어 장액이 분비된다. 장액에는 엿당을 포도당으로 분해하는 말테이스와 펩타이드를 아미노산으로 분해하는 펩티데이스 등 여러 종류의 효소가 들어 있다.

이자액과 장액에 포함되어 있는 소화 효소에 의해 3대 영양소의 화학적 소화는 소장에서 모두 끝난다. 그 결과 흡수될 수 있는 상태인 **포도당**과 **아미노산**, **지방산**과 **글리세롤**이 만들어진다.

잠깐 체크 위에서 내려온 산성의 음식물에 의해 십이지장이 손상되지 않는 이유는 무엇인가?

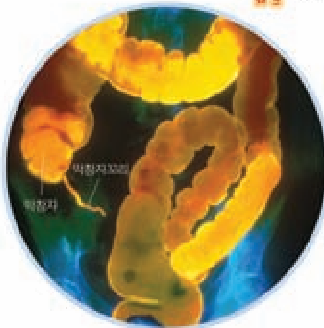



그림 Ⅳ-16 막창자와 막창자꼬리_ 소장과 연결된 대장의 첫 부분을 막창자(맹장)라고 하며, 막창자 끝에 막창자꼬리가 있다. 막창자꼬리의 염증을 막창자꼬리염이라고 한다.

**대장의 작용**

대장은 소장에서 항문까지 연결된 비교적 굵은 관으로서, 막창자, 잘록창자, 곧은창자의 세 부분으로 되어 있으며, 길이는 약 1.5 m이다. 대장에서는 소화 효소가 분비되지 않기 때문에 화학적 소화는 일어나지 않으며, 소장에서 흡수되고 남은 물이 흡수된다. 음식물 찌꺼기는 물이 흡수되면서 점차 단단한 덩어리로 변한 후 대장 근육의 꿈틀 운동으로 항문까지 이동한다.

한편, 대장 속에는 유산균, 대장균 등 많은 세균들이 살고 있다. 이들이 소화되지 않은 영양소와 셀룰로스 등을 분해할 때 악취가 나는 물질이 만들어지기도 한다.

202 Ⅳ. 소화·순환·호흡·배설






❀ **소장에서의 소화**

(1) **소장의 구조** 소장은 약 7 m의 긴 관 모양의 소화 기관으로서, 십이지장, 공장, 회장의 세 부분으로 되어 있으며 간, 이자 등의 기관과 연결되어 있다.

(2) **소장의 소화 작용** 위에서 소화된 음식물이 십이지장에 도달하면 염산이 십이지장 벽을 자극하여 세크레틴이라는 호르몬이 분비된다. 이 호르몬은 혈액을 통해 운반되어 이자를 자극하여 이자액을 분비하게 한다. 그 밖에도 쓸개는 간에서 생성된 쓸개즙을 분비하고, 장샘에서는 장액을 분비하여 소화에 관여한다.

(3) **이자액의 작용** 이자액은 약 30 cm의 약간 회색을 띤 분홍색 기관인 이자에서 만들어진다. 이자액은 유일하게 3대 영양소를 모두 소화시킬 수 있는 소화액으로서, 트립신, 라이페이스, 아밀레이스 등의 소화 효소를 포함하고 있다.

(4) **쓸개즙의 작용** 간에서 만들어지는 노란색의 액체로서, 담즙이라고도 한다. 쓸개에 저장되었다가 쓸개관을 통해 십이지장으로 분비된다. 쓸개즙은 염기성을 띠며, 쓴맛이 있다. 쓸개즙에는 소화 효소가 들어 있지 않지만 창자의 운동을 활발하게 해 주며, 지방의 소화를 도와준다.

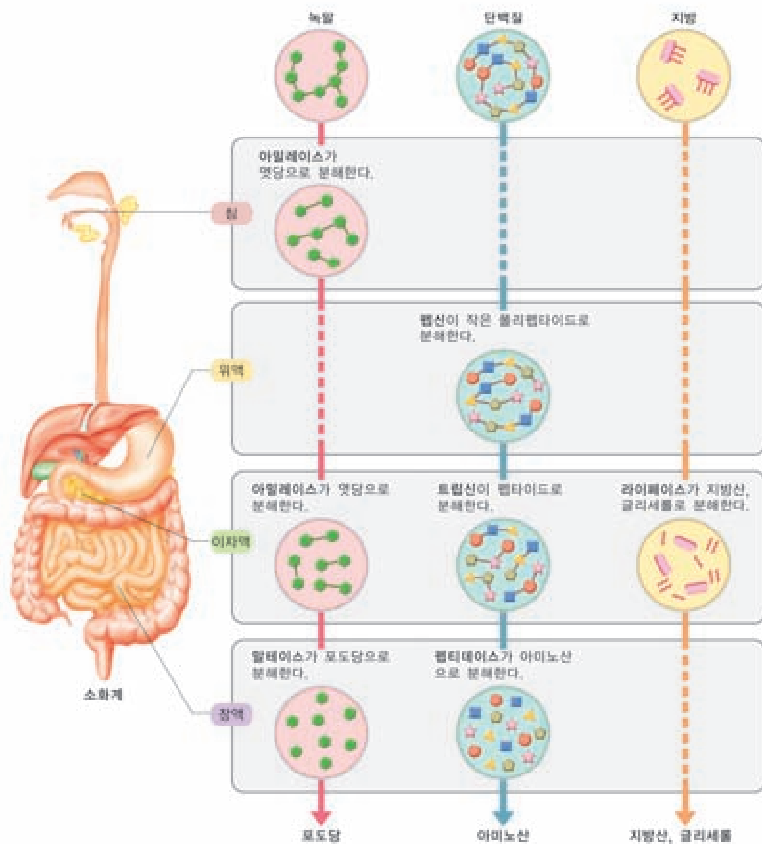



그림 Ⅱ-17 3대 영양소의 화학적 소화 과정

**과학 자료실** 배고플 때 나는 '꼬르륵' 소리의 정체는?

아침을 걸렀을 때 배에서 '꼬르륵' 소리가 나는 경우를 겪어 보았을 것이다. 위에서 소화된 음식물이 십이지장으로 넘어가는 작용을 날문 반사라고 하는데, 위가 비어 있을 때 날문 반사가 일어나면 위 속에 있던 공기가 십이지장으로 들어가면서 꼬르륵 소리를 내게 된다.

용어 **날문** 위의 아래쪽에서 십이지장과 경계를 이루는 부분이다.

1. 소화와 순환 203

(5) **장액의 작용** 장액 속의 말테이스는 엿당을 포도당으로 분해하고 수크레이스는 설탕을 포도당과 과당으로 분해하며, 펩티데이스는 펩타이드를 아미노산으로 분해한다. 이처럼 장액은 영양소를 우리 몸에서 흡수할 수 있는 상태로 분해시킨다.

(6) **소장의 운동** 소장에서는 분절 운동과 꿈틀 운동이 일어난다. 꿈틀 운동으로 음식물이 이동하고 분절 운동으로 음식물과 소화액이 혼합된다.

### ❀ 대장의 작용

(1) **대장의 구조** 소장과 연결된 굵은 소화관으로서, 막창자, 잘록창자, 곧은창자의 세 부분으로 나누어진다.

(2) **대장의 작용** 대장에는 소화샘이 없어 소화액이 분비되지 않으므로, 효소에 의한 소화 작용은 일어나지 않고 주로 수분의 흡수가 이루어진다. 대장에는 대장균을 비롯하여 여러 종류의 세균이 살고 있으며 셀룰로스와 같이 소장에서 소화되지 않은 물질을 분해하기도 한다. 사람은 셀룰로스를 분해하는 효소를 가지고 있지 않기 때문에 셀룰로스는 음식물 찌꺼기로 되어 대장으로 이동한 다음, 몸 밖으로 배출된다. 따라서 셀룰로스가 많은 음식물을 먹으면 대장의 꿈틀 운동이 활발해져 배변이 원활해지고 변비를 예방할 수 있다.



### ❀ 단백질 분해 효소의 활성화

단백질 분해 효소가 활성화된 상태로 소화샘에 저장되어 있으면 단백질로 된 세포막이 모두 분해되어 소화샘이 파괴될 위험이 있다. 따라서 위에서 분비되는 펩시노젠과 같은 단백질 분해 효소가 비활성 상태로 합성되어 저장됨으로써, 이러한 위험을 피할 수 있다. 즉, 생성될 때에는 비활성 상태이고, 소화관에서 작용할 때에는 활성 상태가 된다. 예를 들어 이자에서 만들어진 트립시노젠은 이자액에 포함되어 소장으로 분비된 다음, 장에서 분비되는 엔테로키네이스라는 물질에 의해 트립신으로 활성화된다.

단백질 분해 효소

| 비활성 상태 | 활성 상태 |
|---|---|
| 펩시노젠 | 펩신 |
| 트립시노젠 | 트립신 |
| 카이모트립시노젠 | 카이모트립신 |

**| 관련 지식 |**

### ❀ 소장의 융털 세포막에 효소가 고정되어 있다.

화학적 소화의 마지막 과정을 담당하는 말테이스, 펩티데이스의 일부는 융털 세포막에 고정되어 있어서 포도당과 아미노산으로 분해되자마자 바로 흡수할 수 있다.

**참고 자료** 날문 반사

위와 십이지장이 연결되는 부분을 날문이라고 한다. 날문은 십이지장 내부가 위에서 들어온 음식물에 의해 산성이 되면 닫히고, 이자액이 분비되어 염기성이 되면 열려서 위에 있는 음식물이 조금씩 십이지장으로 들어가게 된다. 날문 반사는 위의 pH와 관계없이 십이지장의 pH에 따라 열리고 닫힌다.

스스로 해결하기

소장의 주름과 융털, 미세 융털은 음식물과 닿는 ( 표면적 )을/를 넓혀 준다.

**참고 자료** 소화 기관에서 흡수하는 물의 양은?

소장은 사람의 몸 안에 있는 장기 중에서 가장 길다. 우리가 섭취하는 물은 하루에 2 L 정도이지만, 침이나 위액, 장액 등이 분비되기 때문에 소화관 내의 물은 약 10 L나 된다. 그중 80 %인 약 8 L의 물을 소장에서 흡수한다. 소장에서 흡수되지 않은 물은 대장에서 대부분 흡수된다.

**심화 학습** 양분의 흡수 원리

분해된 영양소들은 소장에서 확산과 능동 수송에 의해 모세 혈관과 암죽관으로 흡수된다. 예를 들어 과당은 농도 기울기를 따라 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동한다. 즉, 소장 융털의 상피 세포를 거쳐 모세 혈관으로 확산을 통해 이동한다. 아미노산과 작은 펩타이드, 바이타민, 포도당 등은 농도의 기울기를 거슬러 능동 수송으로 흡수된다. 소장은 이러한 능동 수송을 이용하여 많은 영양분을 흡수한다.

지용성 영양소인 지방산과 글리세롤은 확산되어 상피 세포로 들어간다. 지방산과 글리세롤은 상피 세포에서 지방으로 재결합되고 그 후 지방은 콜레스테롤과 섞이고 단백질로 싸여서 킬로미크론이라고 하는 작고 둥근 입자를 형성한다. 킬로미크론은 세포 외 배출에 의해 상피 세포를 빠져나와 암죽관으로 들어감으로써 림프를 통해 이동한다.



❶ 그림 Ⅱ-18 수건의 올록볼록한 돌기

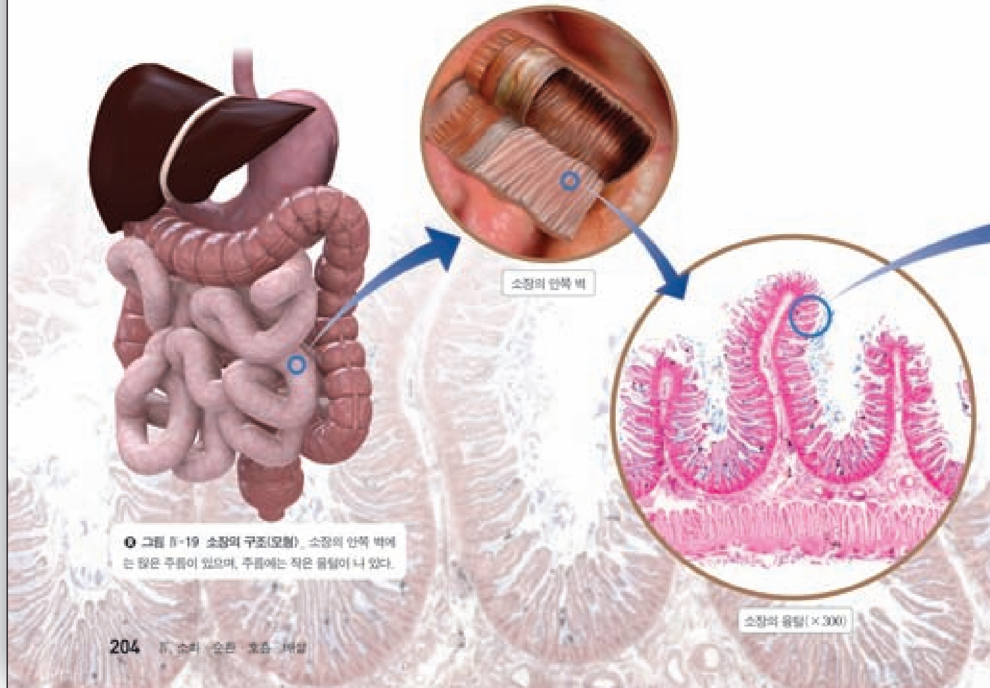
**영양소의 흡수와 이동**

손의 물기를 닦는 수건에는 많은 돌기가 있다. 이 돌기 때문에 표면적이 넓어져 평평한 구조보다 물을 빠르게 흡수할 수 있다. 소장의 안쪽 벽에서도 수건의 돌기와 비슷한 구조를 볼 수 있다. 소장의 안쪽 벽에는 많은 주름이 있는데 그 주름에는 수건의 표면처럼 손가락 모양의 작은 융털이 빽빽하게 나 있다. 또한 각 융털마다 미세 융털 돌기가 나 있어 표면적이 더욱 넓어지므로 온몸의 세포에 공급할 영양소를 효율적으로 흡수할 수 있다. 소장의 길이는 약 7 m이고 지름은 약 3 cm에 불과하지만, 안쪽 벽의 표면적은 약 200 $m^2$나 된다.

3대 영양소는 소화 효소에 의해 분해된 후 포도당, 아미노산, 지방산과 글리세롤 상태로 흡수된다. 한편, 부영양소인 바이타민, 무기 염류, 물은 크기가 작기 때문에 화학적 소화를 거치지 않고 흡수된다. 소장의 융털로 흡수된 영양소는 온몸의 세포로 이동되어 생명 활동에 사용된다.

스스로 해결하기

소장의 주름과 융털, 미세 융털은 음식물과 닿는 (        )을/를 넓혀 준다.




❶ 그림 Ⅱ-19 소장의 구조(모형) 소장의 안쪽 벽에는 많은 주름이 있으며, 주름에는 작은 융털이 나 있다.

204 Ⅱ. 소화 · 순환 · 호흡 · 배설






❀ **양분 흡수 장소**

소장의 안쪽 벽에는 많은 주름이 있는데, 이 주름에는 작은 돌기가 많이 있다. 이 돌기를 융털이라고 하며, 융털의 겉은 상피 세포로 되어 있고, 상피 세포에는 무수히 많은 미세 융털이 있다. 이와 같은 구조는 소장 안쪽 벽의 표면적을 넓혀 소화된 영양소를 효과적으로 흡수한다. 융털의 가운데에는 림프관의 일종인 암죽관이 있으며, 이 암죽관 주위를 모세 혈관이 둘러싸고 있다.

(1) **수용성 영양소** 포도당, 아미노산, 무기 염류, 수용성 바이타민(바이타민 B 복합체, 바이타민 C)과 같은 수용성 영양소는 융털의 모세 혈관으로 흡수된다.

(2) **지용성 영양소** 지방산, 글리세롤, 지용성 바이타민(바이타민 A, D, E, K)과 같은 지용성 영양소는 융털의 암죽관으로 흡수된다.

(3) 지방산과 글리세롤 융털의 상피 세포로 흡수된 후 지방으로 재합성되어 암죽관으로 이동한다.

❀ **흡수된 양분의 이동**

(1) **수용성 영양소** 모세 혈관 → 간문맥 → 간 → 정맥→ 심장 → 온몸

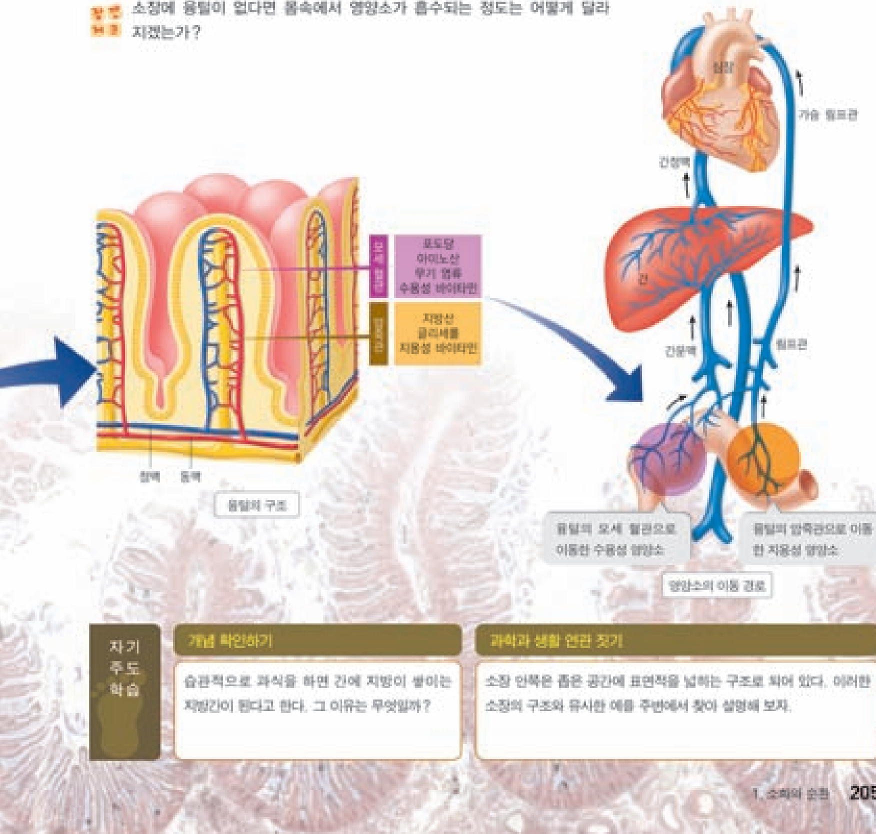
(2) **지용성 영양소** 암죽관 → 가슴 림프관 → 빗장밑 정맥 → 심장 → 온몸

포도당, 아미노산과 같은 **수용성 영양소**는 융털로 흡수된 후 융털의 모세 혈관으로 이동하고, 지방산과 글리세롤 같은 **지용성 영양소**는 융털의 암죽관으로 이동한다. 수용성 영양소는 융털의 모세 혈관에서 간을 거쳐 심장으로 들어간 후 혈액에 의해 온몸으로 운반된다. 포도당 섭취량이 많을 경우 일부는 간에서 글리코젠이나 지방으로 바뀌어 저장되며, 부족할 경우 다시 포도당으로 바뀌어 사용된다. 한편, 융털의 암죽관으로 이동된 지용성 영양소는 림프관과 가슴 림프관을 거쳐 정맥에서 혈액과 만나 심장으로 들어간 후 온몸으로 운반된다.

몸의 각 부분으로 공급된 영양소는 에너지원으로 사용되거나 몸을 구성하고 기능을 조절하는 데 사용되어 건강을 유지하게 한다.

**간** 간은 우리 몸의 화학 공장으로서, 해독 작용이나 양분 저장, 쓸개즙 생성 등의 기능을 한다.

잠깐 퀴즈 소장에 융털이 없다면 몸속에서 영양소가 흡수되는 정도는 어떻게 달라지겠는가?







### ❀ 간

간은 내장 기관 중 가장 큰 기관이다. 대표적인 기능으로 해독 작용을 하며, 단백질을 합성하고 양분을 저장하며, 쓸개즙과 요소 등을 생성한다. 간은 물질대사에서 주요 역할을 담당하며, 글리코젠 저장, 적혈구 분해, 혈청 단백질의 합성, 호르몬 생산 등의 역할을 한다.

### ❀ 간문맥

동맥과 정맥은 각각 한쪽 끝이 모세 혈관과 연결되어 있다. 이와 달리 간문맥은 양쪽 끝이 모두 모세 혈관과 연결되어 있는 혈관이다. 간문맥은 한쪽 끝에는 소장 융털의 모세 혈관이 연결되어 있고, 다른 쪽 끝에는 간의 모세 혈관이 연결되어 있어서 소장과 간 사이를 연결해 준다.

### ❀ 암죽관과 가슴 림프관

모세 혈관에서 조직으로 빠져나간 혈장 성분 중 모세 혈관으로 다시 들어가지 못한 조직액은 림프관을 따라 이동하여 정맥으로 들어간다. 암죽관은 융털의 안쪽에 있는 가는 림프관이며, 가는 림프관 중 몸의 왼쪽에 있는 것이 모여 굵은 림프관인 가슴 림프관을 이룬다.

**잠깐 체크**

소장에 융털이 없다면 표면적이 작아져서 같은 시간에 흡수되는 영양소의 양이 적어질 것이다.

**자·기·주·도·학·습**

▶ 개념 확인하기

과식을 하면 포도당이 많이 흡수되며, 이 포도당의 일부는 간에서 글리코젠이나 지방으로 바뀌어 저장되기 때문에 지방간이 된다.

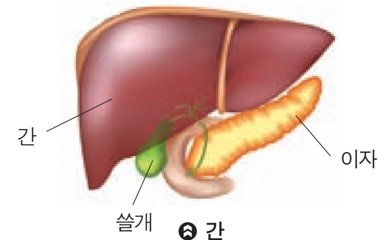
▶ 과학과 생활 연관 짓기

난방이나 냉방을 위한 라디에이터의 주름 구조와 수건의 돌기 구조, 식물의 뿌리털 등은 표면적을 극대화한 구조이다.

## 관련 지식

### ❀ 쓸개즙의 색소

음식물이 십이지장으로 내려오면 쓸개즙에 의해 색깔이 변한다. 그 색깔은 빌리루빈이라는 색소에 의해 나타나는데, 대변이 황색인 것은 바로 이 색소 때문이다. 빌리루빈은 어떻게 만들어질까? 간에서 오래된 적혈구를 파괴할 때 헤모글로빈이 빌리루빈으로 전환되며, 빌리루빈은 쓸개즙에 섞여서 분비된다. 쓸개즙은 자극이 없어도 계속 분비되므로 대변은 항상 황색을 띠게 된다.



❻ 간

### ❀ 지방간

간은 인체의 지방 대사에 중요한 역할을 하는 기관으로서, 간에서 지방이 차지하는 비율은 5 % 이내이다. 의학적으로 간의 무게에서 지방이 차지하는 비율이 5 %를 넘으면 지방간이라고 하는데, 심한 경우에는 50 %까지 되는 경우도 있다. 지방간의 원인은 비만, 과음, 당뇨병, 고지혈증 등이 있다.

# 1-4 혈액

### 학습 내용 안내

(1) 혈액은 혈장과 혈구로 이루어져 있으며, 혈구에는 적혈구, 백혈구, 혈소판이 있음을 이해한다.

(2) 현미경으로 혈액을 관찰하여 혈구의 구성 성분과 모양을 안다.

(3) 혈액이 하는 일을 통해 우리 몸에서 혈액이 필요한 이유를 안다.

(4) 혈액 성분이 부족한 경우 어떤 문제가 생기는지 이해한다.

### 학습 전개

도입 글을 통해 헌혈이 필요한 이유와 혈액 검사의 중요성을 생각해 보게 한다.

↓

혈액을 채취하여 순서에 따라 현미경 표본을 만들어 혈구를 관찰해 보고 그 모습을 그리게 한다.

↓

적혈구, 백혈구, 혈소판의 모양과 크기에 대하여 토의하고 발표하게 한다.

↓

혈액이 하는 일에 대하여 토의하고 혈액의 각 성분이 부족한 경우 어떤 문제가 생기는지 발표하게 한다.



## 1-4 혈액

**학습 목표**

- 현미경으로 혈구를 관찰할 수 있다.
- 혈액의 성분과 하는 일을 말할 수 있다.

언니와 함께 헌혈의 집에 갔다. 나는 어려서 헌혈을 하지 못하지만 언니는 이번이 10번째 헌혈이다. 헌혈의 집 입구에 쓰인 '작은 용기, 큰 기쁨'이라는 문구를 보면서 '언니는 참 용감하구나.'라는 생각이 들었다. 언니는 헌혈을 하기 전 혈액 검사에서 혈소판과 헤모글로빈, 적혈구 수치가 모두 정상이라고 하였다.

언니의 팔을 고무줄로 묶자 팔에 있는 혈관이 도드라졌다. 혈관 곳곳에 작은 멍울 같은 것도 보였다. 혈관에 주사 바늘을 꽂았더니 붉은색의 피가 혈액 주머니로 흘러들어 가기 시작하였다.

사고로 피를 많이 흘리면 몸의 기능이 떨어져 생명을 잃을 수도 있다고 한다. 언니의 혈액은 수혈이 필요한 사람들에게 소중하게 사용될 것이다.

헌혈을 하거나 병원에서 건강 검진을 할 때 혈액 검사를 하면 혈액에 들어 있는 성분의 많고 적음을 알 수 있다. 혈액 검사는 사람들의 건강 상태를 확인하기 위해 혈액의 어떤 성분을 검사하는 것일까?

**과학 자료실** 헌혈의 종류

**전혈 헌혈이란?**

혈액의 모든 성분(혈장, 혈구)을 채혈하는 헌혈 방법이다. 전혈 헌혈은 320 mL, 400 mL 두 종류가 있다.

전혈 헌혈: 320 mL, 400 mL

● 조건
- 나이: 만 16세 ~ 69세
- 몸무게: 남자 50 kg 이상, 여자 45 kg 이상 (단, 400 mL 전혈 헌혈은 남녀 모두 50 kg 이상)

**성분 헌혈이란?**

성분 채혈기를 이용하여 필요한 성분만을 분리해 채혈하고, 나머지 성분은 헌혈자에게 되돌려 주는 헌혈 방법이다. 성분 헌혈에는 혈소판 성분 헌혈과 혈장 성분 헌혈 등이 있다.

성분 헌혈: 혈소판, 혈장

● 조건
- 나이: 혈소판 성분 헌혈 - 만 17세 ~ 59세
  혈장 성분 헌혈 - 만 17세 ~ 69세
- 몸무게: 남자 50 kg 이상, 여자 45 kg 이상



### 과학 돋보기

**❀ 혈액의 성분**

성인의 몸속에 있는 혈액량은 약 4~6 L로 체중의 6~8 % 정도이다. 혈액을 채취한 다음 항응고제를 넣고 원심 분리시키면 엷은 황색의 혈장 층과 붉은색의 적혈구 층 사이에 엷은 크림색의 백혈구와 혈소판 층으로 분리된다.

(1) **적혈구** 가운데가 오목하게 들어가 있는 원반형으로서, 지름은 7~8 μm이며, 혈액 1 $mm^3$ 당 남자는 500만 개 정도, 여자는 450만 개 정도 들어 있다. 대부분의 포유류는 핵이 없는 적혈구를 가지고 있지만 조류나 개구리 등은 핵이 있는 적혈구를 가지고 있다. 사람의 태아도 초기에는 적혈구에 핵이 존재하지만 발생 과정에서 핵이 없어진다. 적혈구에 핵이 없기 때문에 세포 내에 보다 많은 양의 헤모글로빈이 채워질 수 있다. 헤모글로빈은 적혈구에 포함된 산소 운반 단백질로서, 철 이온을 가지고 있다. 적혈구는 태아 초기에는 간과 지라에서 생성되고 후반부터는 골수에서 만들어진다. 출생한 이후에는 온몸의 골수에서 생성되지만, 성인이 되면서 차츰 짧은 뼈와 편평한 뼈의 골수에서만 생성된다. 수명은 약 120일이며, 간이나 지라에서 파괴된다.

**찾아보기**
- 생명 과학 8판(2008), Campbell 저, 전상학 역, 라이프사이언스
- 공부가 되는 과학 백과 인체(2011), 글공작소 저, 아름다운 사람들
- 대한 적십자사 혈액 관리 본부 http://www.bloodinfo.net

### 혈액의 성분

사람의 몸을 나라의 영토라고 한다면 혈액은 도로 위를 달리는 자동차에 해당한다. 자동차가 여러 지역을 다니면서 물건들을 운반하는 것처럼 혈액은 온몸을 흐르면서 생명 활동에 필요한 물질을 운반한다.

성인 남자의 몸속에 흐르고 있는 혈액의 양은 약 5 L이며, 이는 체중의 약 8 %에 해당한다. 혈액을 채취해서 원심 분리하면 두 개의 층으로 나누어진다. 아래쪽에 가라앉는 세포 성분을 **혈구**라 하고, 위쪽으로 뜨는 액체 성분을 **혈장**이라고 한다. 혈장의 대부분은 물이며, 아미노산이나 포도당과 같은 영양소가 녹아 있다.

그림 Ⅳ-20 원심 분리_ 원심력을 이용하여 고체와 액체 또는 밀도가 서로 다른 액체를 분리하는 것이다.

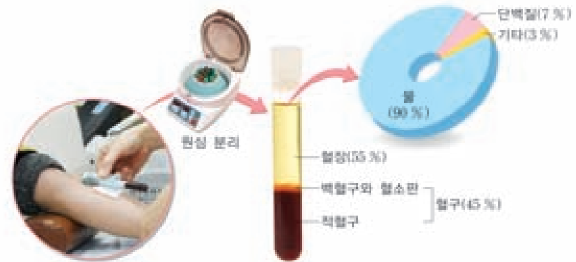



그림 Ⅳ-21 **혈액의 성분**_ 혈액은 혈구와 혈장으로 이루어져 있다.

현미경으로 혈구를 확대해 보면 **적혈구**와 **백혈구**, **혈소판**이 관찰된다. 혈구의 대부분은 적혈구이며, 백혈구와 혈소판은 혈액의 1 %도 되지 않는다. 대부분의 혈구는 골수에서 만들어지며, 간이나 지라에서 파괴된다.

몸에 작은 상처가 나면 붉은색의 혈액이 흘러나온다. 혈액이 붉게 보이는 이유와 혈액의 성분에 대해 알아보자.

지라: 횡격막 아래 복부의 왼쪽 윗부분에 위치한다.

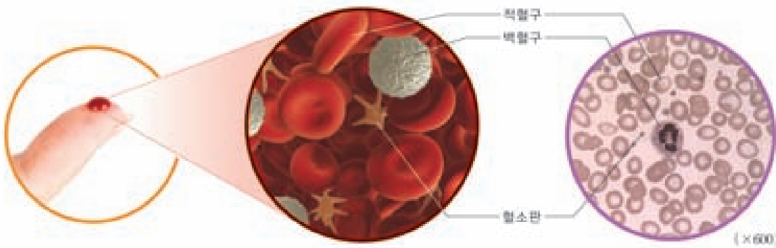



그림 Ⅳ-22 **혈구의 종류**_ 혈구에는 적혈구, 백혈구, 혈소판이 있다.

1. 소화와 순환 207

(2) **백혈구**　모양이 일정하지 않으며 크기는 12~25 $\mu$m이다. 혈액 내 백혈구 수는 1 mm$^3$ 당 5,000~10,000개 정도 있으며, 몸에 염증이 생기면 그 수가 증가한다. 단핵구, 호중구, 호염구, 호산성구, 림프구 등으로 종류가 다양하며, 핵을 가지고 있다. 과립 백혈구의 수명은 약 10일, 림프구는 100~2,000일, 나머지는 약 3~4일이다. 백혈구는 골수에서 만들어지며, 수명을 다한 백혈구는 골수나 지라에서 파괴된다.

(3) **혈소판**　골수에 있는 거대 세포의 원형질에서 만들어지며, 혈액으로 들어가 혈액 응고에 중요한 역할을 담당한다. 무색으로 크기는 지름 2~4 $\mu$m이다. 모양은 공, 달걀, 막대 모양 등이 있고 핵이 없다. 혈소판의 수명은 약 5~12일이며, 혈액 1 mm$^3$ 당 25만~40만 개 정도가 있다. 수명을 다한 혈소판은 지라에서 파괴된다.

(4) **혈장**　혈액의 액체 성분인 혈장은 약 90 %가 물이며 약 7 %는 단백질, 나머지는 지질, 염, 포도당, 아미노산, 호르몬 등으로 이루어져 있다. 혈장의 주요 성분인 물은 세포 안에 있는 물이나 세포 밖에 있는 물과 자유롭게 교환되기도 하며, 생명체의 존재에 필수적인 요소이다. 혈장에 포함된 혈장 단백질에는 혈액의 점성과 삼투압 조절에 중요한 역할을 하는 알부민, 혈액 응고에 관여하는 파이브리노젠, 항체의 원료가 되는 글로불린 등이 있다.

#### 학습 자료실

**성분 헌혈**

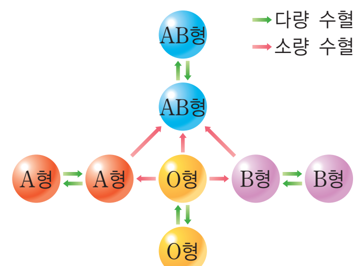
성분 채집기를 이용하여 혈장이나 혈소판 중 한 가지 성분만을 채혈하는 헌혈 방식이다. 전혈 채혈 후 성분을 재제하는 것보다 양질의 혈장이나 혈소판을 얻을 수 있다.

(1) **혈장 성분 헌혈**　혈장 500 mL를 채혈하며, 헌혈 시간은 30~40분이 소요된다. 헌혈자의 신체적 부담이 적다.

(2) **혈소판 성분 헌혈**　만 17세 이상의 신체 건강한 남녀라면 모두 할 수 있는데, 400 mL 이내를 채혈하며, 헌혈 후 혈소판은 3일 이내에 완전히 회복된다.

#### 참고 자료　최초의 수혈

1665년 리처드 로어가 개의 목에 있는 동맥을 다른 개의 정맥에 연결하는 것으로 최초의 수혈을 시행하였다. 사람에게 시행한 최초의 수혈은 1667년 프랑스의 장 바티스트 데니스가 원인 모를 열병을 앓고 있던 15세 소년에게 양의 피를 수혈한 것이었다. 하지만 수혈로 인한 부작용으로 사람들이 사망하자 1678년 이후 영국에서는 수혈을 법으로 금지하였다. 오랫동안 금지되었던 수혈이 다시 시작될 수 있었던 것은 영국의 산부인과 의사인 제임스 블런델 덕분이었다. 블런델은 1818년 위암 환자에게 사람의 혈액 약 400 mL을 수혈하는 데 성공하였다.




ABO식 혈액형에 따른 수혈 관계

## 탐구 활동 | 혈구의 생김새

**목표**
현미경으로 혈액을 관찰하여 혈구의 종류를 구별할 수 있다.

**준비물**
생리 식염수, 김사액, 소독용 알코올, 에탄올, 증류수, 현미경, 받침 유리, 덮개 유리, 채혈침, 채혈기, 탈지면, 고무줄, 거름종이, 스포이트, 비커, 핀셋

**유의점**
1. 혈액의 양이 많으면 얇게 펴기 어려우므로 적은 양을 떨어뜨린다.
2. 채혈침은 반드시 한 번만 사용한다.

**과정 A: 혈구 관찰**


❶ 고무줄로 새끼손가락을 묶은 다음 소독용 알코올로 소독한다.


❷ 채혈기로 새끼손가락을 찔러 채혈한다.


❸ 새끼손가락의 혈액을 받침 유리에 한 방울 떨어뜨린다.



❹ 혈액에 생리 식염수를 한 방울 떨어뜨리고, 덮개 유리를 이용하여 얇게 편다.

❺ 덮개 유리를 덮고 거름종이로 물기를 제거한 다음 현미경으로 관찰한다.

**과정 B: 염색액을 이용한 혈구 관찰**

**탐구도우미** 김사액은 세포의 핵을 염색하는 용액이다.

❶ 과정 A의 ❶, ❷, ❸을 진행한 후 덮개 유리를 이용하여 혈액을 얇게 편다.



❷ 얇게 펴진 혈액에 에탄올을 한 방울 떨어뜨리고 3분 정도 말린다.



❸ 받침 유리에 김사액을 한 방울 떨어뜨리고 5분 정도 염색한다.

208 Ⅱ. 소화 · 순환 · 호흡 · 배설

## 탐구 활동 실험

### 목표
현미경으로 혈액을 관찰하여 혈구의 종류를 구별할 수 있다.

### 원리 설명
사람의 혈액량은 자기 체중의 $\frac{1}{13}$ 정도이며, 혈장 성분과 세포 성분으로 이루어져 있다. 혈액의 약 55 %는 혈장이며, 약 45 %는 혈구이다. 혈구를 현미경으로 관찰해 보면 적혈구가 가장 많이 보인다.

### 유의점
1 채혈된 혈액은 금방 굳으므로 가급적 빠른 시간에 현미경 표본을 만들도록 한다.
2 채혈 후에 소독을 철저히 한다.

### 효과적인 운영을 위한 Tip
1 혈액에 대한 막연한 공포감을 갖는 학생들이 많다. 따라서 혈액을 채취할 때는 학생의 시선을 다른 쪽으로 향하게 한 다음, 교사가 학생의 손가락을 채혈해 주는 것이 효과적이다.
2 실험 해석에 대한 토의 과정에서 창의 · 인성이 배양되도록 지도한다.

### 결과
1

과정 A (×400)　　과정 B (×400)

2 적혈구는 가운데가 오목하게 들어가 있는 원반형 모양이며, 백혈구와 혈소판은 일정한 모양이 없다. 크기는 백혈구가 가장 크며, 혈소판이 가장 작다.
3 적혈구
4 백혈구

### 해석 | 창의 · 인성
1 고산 지대는 산소 분압이 낮기 때문에 산소를 원활하게 공급하기 위해서 혈액 속의 적혈구 수가 저지대에 사는 사람들보다 더 많다.
2 혈액에는 붉은색의 헤모글로빈을 포함하고 있는 적혈구가 많기 때문이다.

### 평가 기준표

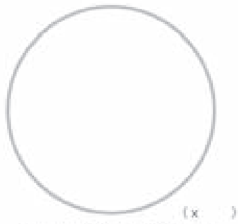
| | 평가 문항 | 점수(✓) 상 | 중 | 하 |
|---|---|---|---|---|
| 과정 | 1. 혈액을 얇게 펴서 현미경 표본을 만들었는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 김사액을 이용하여 충분히 혈액을 염색했는가? | □ | □ | □ |
| 결과 | 1. 혈구의 모양이 뚜렷하게 관찰되는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 현미경으로 관찰한 혈구의 모양을 제대로 그렸으며, 모양과 크기, 핵의 유무에 대해 옳게 설명하는가? | □ | □ | □ |
| 해석 | 1. 고산 지대에 사는 사람의 혈액에 적혈구가 많은 이유를 옳게 설명하고 있는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 혈액이 붉게 보이는 이유를 헤모글로빈이나 적혈구와 관련지어 설명하고 있는가? | □ | □ | □ |

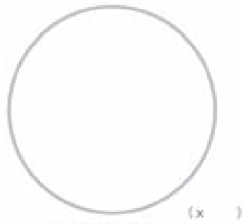
❹ 증류수를 이용하여 김사액을 조심스럽게 씻어낸다.
❺ 덮개 유리를 덮고, 받침 유리에 묻은 물기를 거름종이로 제거한 다음 현미경으로 관찰한다.



**결과**

1 현미경으로 관찰한 혈구의 모양을 그려 보자.


(× )
과정 A. 생리 식염수를 떨어뜨린 혈구


(× )
과정 B. 김사액을 떨어뜨린 혈구

2 현미경으로 관찰되는 혈구의 모양과 크기에 대하여 설명해 보자.
3 가장 많이 관찰되는 혈구는 무엇인가?
4 김사액으로 염색을 했을 때 핵이 관찰되는 혈구는 무엇인가?

**해석** 창의 · 인성

1 고산 지대에 사는 사람은 저지대에 사는 사람보다 적혈구 수가 많다. 그 이유는 무엇인지 토의해 보자.

2 사람의 혈액이 붉게 보이는 이유에 대하여 토의해 보자.

1. 소화와 순환 209

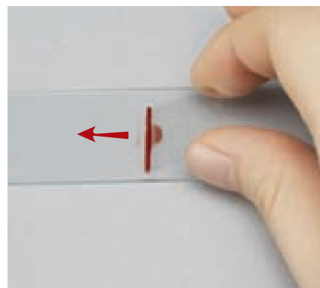
## 학습 자료실

### ❀ 혈액을 얇게 펴는 방법

혈액을 얇게 펴는 방법에는 덮개 유리 도말법, 받침 유리 도말법, 박층 도말법, 후층 도말법 등이 있으며, 그중 받침 유리 도말법은 다음과 같다.

(1) 받침 유리의 한쪽 끝에서 1~2 cm 떨어진 곳에 혈액 한 방울을 떨어뜨리고, 또 다른 받침 유리(덮개 유리를 이용해도 됨)를 약 25° 각도로 세워 다른 쪽 끝에서부터 혈액이 있는 쪽으로 접근시켜 살짝 닿게 한다.

(2) 혈액이 받침 유리 끝을 따라 80 % 정도 퍼지면, 빠르고 동일한 동작으로 부드럽게 반대편 1~2 cm 되는 곳까지 밀어 혈액이 얇게 펴지도록 한다. 받침 유리를 너무 세우거나 미는 속도가 너무 빠르면 도말된 부분이 짧아진다. 정상적인 도말의 경우 시작 부위는 두껍고 끝부분은 얇게 밀어지며, 얇게 밀어진 부분은 2 cm 이상 되어야 한다. 이 방법은 혈구의 모양을 관찰하기에 유용하지만, 학생들에게 가르치려면 시간이 걸린다.


❷ 받침 유리 도말법

## 이런 실험도 가능해요! 개구리의 혈구 관찰

(1) 개구리의 발목에서 혈액을 채취한 다음 받침 유리에 한 방울 떨어뜨리고 덮개 유리를 이용하여 얇게 편다.
(2) 메탄올 한 방울을 떨어뜨려 고정한 다음, 약 3분 후에 김사액을 떨어뜨리고 약 5분 동안 염색한다.
(3) 흐르는 물에 김사액을 씻어 낸 다음 덮개 유리를 덮고 현미경으로 관찰한다.

결과: 개구리 적혈구는 사람과 달리 타원형이며 핵이 있다.

## 관련 지식

### ❀ 김사액

김사 분말(에오신과 메틸렌 블루의 혼합액) 1 g을 66 mL의 글리세롤에 넣고 60°C에서 1시간 동안 녹인 다음, 다시 66 mL의 메탄올을 넣어 60°C에서 24시간 동안 녹여서 만든다. 일반적으로 김사액을 만든 후 3개월 이상 지나야 염색이 잘 된다. 김사액 성분 중 에오신에 붉게 물드는 부분은 백혈구의 세포질이고, 김사액 성분 중 메틸렌 블루에 보라색으로 염색되는 부분은 백혈구의 핵이다.

### ❀ 항응고 보존제

혈액은 몸 밖으로 나오면 응고된다. 응고된 혈액은 수혈할 수 없기 때문에, 과거에는 혈액 제공자의 동맥과 수혈받을 환자의 정맥을 재빨리 연결하여 수혈을 해야 했다. 1914년에 와서야 시트르산 나트륨의 항응고 작용을 알게 되었지만, 혈액의 응고를 막기 위해서 많은 양의 시트르산 나트륨을 혈액과 섞어야 했기 때문에 혈액이 희석될 수밖에 없었다. 1943년에 혈액 희석 효과를 줄인 ACD가 개발되어 혈액이 응고되지 않으면서 21일간 보존이 가능하게 되었다. 1957년에는 CPD가 개발되었고 최근에는 여기에 아데닌을 첨가한 CPDA−1을 항응고 보존제로 사용하게 되면서 혈액을 35일간이나 보존할 수 있게 되었다.

**잠깐 체크**

백혈구의 수가 적으면 인체 면역력이 떨어져 바이러스나 세균 등에 쉽게 감염된다.




### 혈액이 하는 일

사람의 혈액이 붉은 이유는 **적혈구**에 **헤모글로빈**이라는 붉은색을 띠는 색소가 있기 때문이다. 헤모글로빈은 산소가 풍부하면 산소와 결합하고, 산소가 부족하면 산소와 분리되는 성질이 있다. 이 때문에 적혈구는 폐에서 조직 세포로 산소를 운반할 수 있다. 적혈구는 핵이 없으며, 혈구 중에 그 수가 가장 많다. 적혈구는 가운데가 오목한 원반 모양을 하고 있어 표면적이 넓기 때문에 산소를 효과적으로 운반할 수 있다. 혈액 속에 적혈구 수가 부족해지면 빈혈에 걸린다.

무명한 핵을 가지고 있는 **백혈구**는 적혈구보다 크며, 여러 종류가 있어서 생김새와 하는 일도 다양하다. 또한 백혈구는 아메바 운동으로 몸속을 돌아다니면서 세균을 잡아먹는 **식균 작용**을 한다. 상처 주변을 살펴보면 고름이 생기거나 붉게 부어오르는 경우를 볼 수 있다. 상처를 통해 세균이 들어오면 백혈구도 모세 혈관을 통해 상처 주위로 이동한다. 이때 백혈구가 식균 작용을 하다 보면 많은 수의 백혈구가 세균의 독소에 의해서 죽게 되는데, 이것이 고름이다. 평소에는 백혈구의 수가 매우 적지만, 몸으로 세균이 들어오면 그 수가 증가한다.

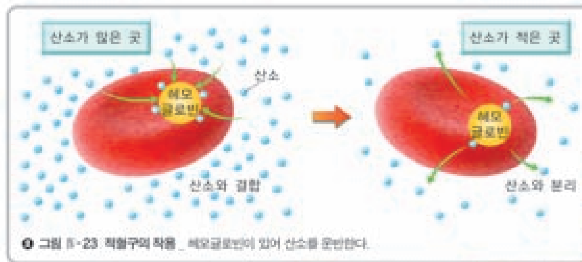



그림 Ⅱ-23 적혈구의 작용 _ 헤모글로빈이 있어 산소를 운반한다.

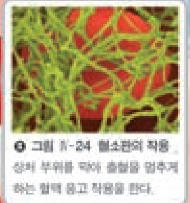


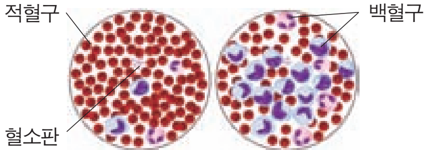
그림 Ⅱ-24 혈소판의 작용 _ 상처 부위를 막아 출혈을 멈추게 하는 혈액 응고 작용을 한다.

210 Ⅱ. 소화·순환·호흡·배설

## | 관련 지식 |

### ❀ 백혈구 수가 많거나 적어지는 이유

체내에 세균이나 바이러스 등이 침입해서 염증을 일으키면 골수에 있는 조혈 세포에서 백혈구가 왕성하게 만들어진다. 이 밖에도 백혈병 등의 암 때문에 골수가 이상 증식을 하는 경우 그 수가 증가한다. 하지만 패혈증 같은 중증 감염증, 장티푸스 같은 일부 감염증, 재생 불량성 빈혈, 악성 빈혈 등의 혈액 질환, 항암제 같은 약물의 부작용으로 인한 골수의 기능 장애 등이 있는 경우에는 백혈구 수가 감소한다. 백혈구 수가 혈액 1 $mm^3$ 당 1,000개 이하로 감소되었을 때는 곧바로 무균실에 입원하지 않으면 패혈증을 일으킬 수도 있다.




▲ 정상인 혈액(왼쪽)과 백혈병 환자 혈액(오른쪽)

### ❀ 혈소판 감소증

혈액 1 $mm^3$ 당 15만 개 이하의 혈소판이 있을 때를 말하며, 대부분의 경우 후천적으로 나타난다.

혈소판 감소증은 어떤 원인에 의해 혈소판 생산이 감소되거나, 혈소판 생산은 정상적이나 혈소판이 조기에 파괴되는 경우에 생긴다. 일반적으로 혈액 1 $mm^3$ 당 혈소판 수가 5만 개 이상일 경우에는 심각한 출혈성 경향이 적으나 2만 개 이하일 경우에는 외상이 없어도 자연적으로 출혈이 일어날 수 있다. 채혈은 가급적 피해야 하며, 재생 불량성 빈혈, 급성 백혈병과 같이 만성적으로 혈소판 감소가 있는 경우나, 항암제 투여 후 일어나는 일시적 혈소판 감소의 경우에는 혈소판 수혈을 하여 출혈을 예방하여야 한다.




### ❀ 혈액이 하는 일

혈액은 혈관을 통해 온몸을 돌면서 운반 작용을 하며, 그 밖에도 면역 작용, 체온 유지와 같은 일들을 한다.

(1) 내분비샘에서 분비된 호르몬을 각 기관과 세포까지 운반한다.

(2) 소화관에서 흡수된 각종 영양소를 간이나 림프관을 거쳐 조직 세포로 운반한다.

(3) 체내 삼투압과 수분 평형에 관여하며, 몸의 수소 이온 농도를 일정하게 유지한다.

(4) 몸 안에서 발생하는 열을 운반하고 균등하게 분산시켜 체온을 일정하게 유지시킨다.

(5) 몸의 여러 조직에서 생기는 노폐물과 독성 물질을 콩팥으로 운반하여 체외로 배설시킨다.

(6) 항체와 같은 질병에 대항하는 면역 인자를 가지고 있어 박테리아나 바이러스 등을 파괴하거나 기능을 하지 못하게 하여 몸을 보호한다.

(7) 폐에서 받아들인 산소를 각 세포로 운반하고, 각 세포로부터 이산화 탄소를 폐로 운반하여 밖으로 내보낸다. 산소 운반에는 혈액의 성분 중 적혈구가 관여하고, 이산화 탄소의 운반에는 적혈구와 혈장이 관여한다.

**혈소판**은 혈구 중에서 크기가 가장 작다. 혈소판은 핵이 없으며, 모양은 일정하지 않고 불규칙하게 생겼다. 몸에 상처가 나면 처음에는 출혈이 있지만 시간이 지나면서 멈추게 된다. 그 이유는 상처가 났을 때 혈소판이 딱지를 만들어 더 이상 출혈이 일어나지 않도록 하기 때문이다. 이와 같은 작용을 **혈액 응고 작용**이라고 한다. 따라서 혈소판이 부족하면 출혈이 잘 멈추지 않거나 약간의 충격에도 피부에 멍이 들 수 있다.

**혈장**의 주된 작용은 **운반 작용**이다. 소장에서 흡수된 영양소는 혈장에 녹아 조직 세포로 운반된다. 또 조직 세포에서 생긴 노폐물도 혈장에 녹아 폐와 콩팥으로 운반된다. 혈장의 주성분인 물은 비열이 커서 온도 변화가 적기 때문에 체온을 일정하게 유지할 수 있다. 또한 혈장에는 항체와 같은 성분이 있어 세균으로부터 우리 몸을 보호해 준다.



그림 Ⅳ-25 성분 헌혈로 얻은 혈장_ 혈장은 우리 몸에서 영양소, 노폐물 등을 운반한다.

생각해 보기 혈액 속에 백혈구 수가 지나치게 적으면 어떤 문제가 생기는가?

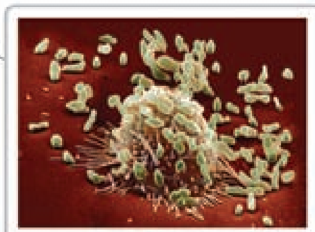


그림 Ⅳ-26 백혈구의 작용_ 세균을 잡아먹는 식균 작용을 한다.(×2,500)

자기 주도 학습

개념 확인하기

❶ 혈액은 원심 분리를 통해 액체 성분과 세포 성분으로 나누어지는데, 이를 각각 무엇이라고 하는가?

❷ 혈소판이 부족한 사람은 일상생활에서 어떤 문제가 생길 수 있는가?

과학과 생활 연관 짓기

헌혈은 수혈이 필요한 환자의 생명을 구하는 수단으로 건강한 사람이 자신의 혈액을 기증하는 것이다. 헌혈을 홍보할 수 있는 포스터를 제작해 보자.

1. 소화와 순환 211

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

❶ 혈액의 액체 성분은 혈장이라고 하며, 혈액의 세포 성분은 혈구(적혈구, 백혈구, 혈소판)라고 한다.

❷ 출혈이 잘 멈추지 않거나 약간의 충격에도 피부에 멍이 들 수 있다.

▶ 과학과 생활 연관 짓기

대한 적십자사 혈액 관리 본부 홈페이지(http://www.bloodinfo.net)를 방문하여 헌혈이 필요한 이유를 알아보고, 헌혈을 홍보하는 포스터를 참고하여, 제작해 보자.



헌혈 홍보 포스터

### 헤모글로빈

적혈구에 있는 산소를 운반하는 단백질로서, 붉은색을 띠며 철을 포함하고 있다. 헤모글로빈은 산소 분압이 높으면 산소와 결합하고 산소 분압이 낮으면 산소와 쉽게 떨어지는 성질이 있다.

헤모글로빈의 산소 방출은 pH가 낮아질수록 촉진되므로, 이산화 탄소가 많고 pH가 낮은 조직 세포에서는 산소를 보다 쉽게 떼어 낼 수 있다. 이산화 탄소가 혈장 속에 녹아 폐로 운반되어 폐호흡으로 체외에 방출되면 pH는 다시 원상태로 돌아가고 헤모글로빈은 다시 산소와 결합한다.

### 혈액의 응고

혈액과 조직 내에는 혈액 응고에 관여하는 50종 이상의 물질들이 있다. 혈관이 손상을 받으면 전응고 물질(혈액 응고에 관여하는 물질)이 활성화되어 항응고 물질의 작용보다 우세해지므로 혈액이 응고된다. 혈액의 응고는 세 가지의 기본 과정을 거친다.

혈관이 손상되면 프로트롬빈 활성제라고 불리는 복합 물질이 형성된다. → 프로트롬빈 활성제는 프로트롬빈을 트롬빈으로 변하도록 촉매 작용을 한다. → 트롬빈은 파이브리노젠을 섬유소사로 변화시켜 혈소판이나 혈액 세포 및 혈장을 둘러싸서 혈병을 만든다.

참고 자료 **곤충의 혈액은 청록색일까?**

곤충류의 경우에는 헤모사이아닌이라는 혈색소를 가진 종들이 많기 때문에 혈액이 대부분 무색투명하다. 그렇다면 일반적인 곤충을 잡았을 때 나오는 청록색 또는 노란색의 액체는 무엇일까? 그것은 헤모사이아닌이 가지고 있는 특성으로, 무색투명한 헤모사이아닌이 산소와 만나 결합하면서 청록색 또는 노란색으로 색깔이 바뀌게 되는 것이다. 또한 모기와 같은 일부 곤충을 잡았을 때 붉은색의 피가 보이는 것은 그 곤충의 혈액이 붉은색이기 때문이 아니라 다른 동물의 피를 빨아 먹고 저장해 두었던 혈액이거나, 내부 기관이 파열되면서 함유된 색소가 흘러나오기 때문이다.

# 1-5 혈관

## | 학습 내용 안내 |

(1) 혈관의 종류에는 동맥, 정맥, 모세 혈관이 있음을 알고, 각 혈관의 특징을 혈압과 관련지어 이해한다.

(2) 정맥은 혈압이 낮기 때문에 혈액의 역류를 방지하는 판막이 있음을 이해한다.

## | 학습 전개 |

도입 글과 교과서 그림을 통해 혈관의 특징을 혈압과 관련지어 생각해 보게 한다.



모세 혈관의 구조적 특징과 물질 교환의 원리를 생각해 보게 한다.



정맥에서의 혈액의 흐름을 토의하여 발표하게 한다.



동맥 경화와 하지 정맥류가 생기는 원인과 예방법을 토의하여 발표하게 한다.



# 1-5 혈관

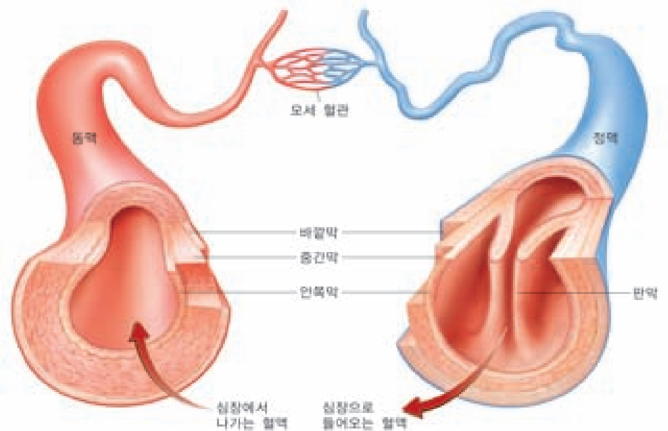
**학습 목표**

- 혈관의 종류와 특징을 혈압과 관련지어 설명할 수 있다.
- 정맥에서 혈액이 역류하지 않는 이유를 설명할 수 있다.

자동차로 지구를 한 바퀴 도는 거리와 혈액이 우리 몸을 한 바퀴 도는 거리를 비교하면 어느 쪽이 더 길까? 자동차가 복잡한 도로를 이동하는 것처럼 혈액은 우리 몸속에 뻗어 있는 관 모양의 통로로 이동한다. 혈액이 이동하는 관 모양의 통로를 혈관이라고 한다. 몸속에 있는 모든 혈관들을 한 줄로 이으면 약 10만 km로 지구 둘레의 두 바퀴 반 정도에 해당한다. 혈관은 어떻게 연결되어 있을까?

### 혈관의 종류

혈관은 생김새와 하는 일에 따라 **동맥, 모세 혈관, 정맥**으로 구분된다. 동맥은 심장에서 나가는 혈액이 흐르는 혈관이고, 정맥은 심장으로 들어오는 혈액이 흐르는 혈관이다. 동맥과 정맥은 모세 혈관으로 연결되어 있다.




ⓞ 그림 Ⅱ-27 혈관의 구조



**찾아보기**

- 인체 21세기 해부학(2010), 뉴턴프레스 저, 강금희 역, 뉴턴코리아
- 인체(2009), 스티브 파커 외 1저, 박경한 외 4역, 사이언스북스

## | 관련 지식 |

### ❀ 동맥과 정맥의 구조

모든 혈관의 구조는 비슷하며, 동맥과 정맥은 모두 세 개의 층으로 구성된다. 맨 바깥쪽에 결합 조직인 탄력 섬유층이 있고, 중간은 민무늬근과 탄력 섬유층이 있으며, 안쪽의 내피층은 평평한 세포의 단일층으로서, 혈액의 흐름이 잘 일어나도록 매끄러운 내벽으로 형성되어 있다.

**과학 돋보기**

### ❀ 혈압

혈관을 따라 흐르는 혈액이 혈관벽에 주는 압력이다. 심장 박동에 따라 좌심실이 수축했을 때를 수축기 혈압(최고 혈압)이라 하고, 이완했을 때를 이완기 혈압(최저 혈압)이라고 한다. 일반인의 정상적인 수축기 혈압은 120 mmHg이며, 이완기 혈압은 80 mmHg이다. 혈압이 생기는 이유는 심장박출량과 혈류의 저항 때문이며, 혈압은 심장으로부터 멀어질수록 낮아진다. 혈압은 세동맥을 지나면서 급격하게 낮아지며, 모세 혈관과 정맥을 지나면서 더욱 낮아진다.

### ❀ 혈관의 종류

(1) **동맥** 심장에서 조직 근처까지 이어진 굵은 혈관으로서, 심실과 연결되어 있어 심장에서 나가는 혈액이 흐른다. 인체의 깊은 곳에 분포하고 있기 때문에 맥박을 통해 손으로 느낄 수는 있으나 눈으로 볼 수는 없다. 좌심실과 연결된 가장 굵은 동맥을 대동맥, 여기서 가지를 쳐서 나온 혈관을 동맥, 다시 아주 가늘어진 것을 세동맥(지름 0.5 mm 이하) 이라고 한다. 동맥은 안쪽막, 중간막, 바깥막으로 구성되어 있고, 안쪽막에는 내피 세포가 있으며 각 층 사이에는 강인한 탄성판이 있어 탄력성이 뛰어나다. 동맥의 단면은 둥근 모양이며, 혈관벽이 두껍다.

혈액이 혈관을 따라 이동할 때에는 일정한 압력으로 혈관벽을 밀게 되는데, 이 때의 압력을 **혈압**이라고 한다. 혈압을 측정했을 때 성인의 경우에는 최고 혈압이 120 mmHg, 최저 혈압이 80 mmHg이면 정상 혈압이라고 판정한다.

**동맥**은 다른 혈관에 비해 혈압이 높고 혈액이 매우 빠른 속도로 이동한다. 따라서 높은 혈압을 견디기 위해 혈관벽이 두껍고 탄력성이 강하다. 동맥은 대체로 몸 속 깊은 곳에 위치하고 있어 외부의 충격으로부터 보호를 받는다. 또한 동맥은 몸의 곳곳에서 여러 갈래로 갈라지면서 가늘어지다가 모세 혈관과 연결된다.

**모세 혈관**은 적혈구가 겨우 지나갈 수 있을 정도로 가늘며 온몸에 그물처럼 퍼져 있다. 사람의 혈관 길이가 지구 둘레보다 긴 이유는 모세 혈관 때문이다. 모세 혈관 하나하나는 매우 가늘지만 전체 모세 혈관의 총 단면적은 매우 넓다. 따라서 혈액은 모세 혈관에서 아주 느리게 흐른다.

금붕어의 꼬리지느러미를 현미경으로 관찰하면 수많은 모세 혈관이 관찰된다. 이 모세 혈관 속을 적혈구가 가다 서다를 반복하며 일렬로 줄지어 이동하는 것을 볼 수 있다. 모세 혈관 벽은 한 겹의 세포층으로 이루어져 있기 때문에 혈액과 조직 세포 사이에서 물질 교환이 효과적으로 이루어진다.



그림 Ⅳ-28 혈압의 측정 혈압은 혈압 측정기를 이용하여 손목 부위나 팔꿈치의 위 부위에서 측정한다.

모세 혈관의 단면적과 혈액의 이동 속도와의 관계
모세 혈관은 매우 가늘지만 전체 모세 혈관의 총 단면적이 넓어 혈액의 이동 속도가 느리다. 따라서 조직 세포와의 물질 교환이 쉬워진다.

잠깐 체크 동맥벽이 다른 혈관에 비해 두께가 두껍고 탄력성이 큰 이유는 무엇인가?




그림 Ⅳ-29 혈액과 조직 세포 사이의 물질 교환

1. 소화와 순환 213

**잠깐 체크**

동맥은 다른 혈관에 비해 혈압이 높고, 혈액이 매우 빠른 속도로 이동하기 때문이다.

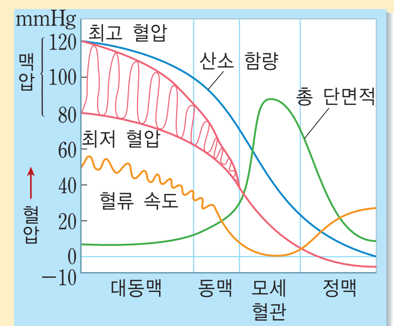
(2) **모세 혈관** 세동맥과 세정맥을 연결하는 가는 혈관으로서, 조직 세포 사이에 분포되어 있다. 그물 모양을 이루고 있으며, 평균 지름은 8 $\mu$m 정도이다. 모세 혈관 중에는 적혈구가 겨우 통과할 정도로 가는 것도 있고, 지름 30~40 $\mu$m의 굵은 모세 혈관도 있다. 혈관벽은 한 겹의 세포층으로 이루어져 있어 혈액과 조직 세포 사이에 물질 교환의 통로 역할을 한다. 모세 혈관에서의 수분이나 가스의 교환은 확산, 여과, 삼투 등에 의해 이루어지고, 물질에 따라서는 내피 세포의 능동 수송에 의해 교환이 이루어진다.

우리 몸의 각 조직에는 모세 혈관이 분포하고 있어 항상 혈액을 공급받을 수 있다. 예를 들어 식후에는 소화계에 혈액 공급이 증가되지만 격한 운동을 할 때에는 근육과 피부 조직으로 혈액 공급이 증가한다. 식후 심한 운동을 했을 때 소화 불량에 걸리는 이유는 이 때문이다.

(3) **정맥** 모세 혈관이 모여 심장으로 돌아오는 타원형의 혈관이다. 동맥과 마찬가지로 세 개의 세포층으로 구성되어 있으나 동맥보다 혈관벽이 얇고, 탄력성이 작다. 정맥은 보통 그 굵기에 따라 세정맥, 정맥, 대정맥으로 구분한다. 지름이 2 mm 이상인 정맥과 대정맥의 내부에는 곳곳에 판막이 있다. 판막은 내막이 접혀진 막으로 혈액의 역류를 막는 역할을 한다. 판막은 보통 반달 모양으로 두 개의 판이 마주하고 있으나, 가는 정맥에서는 판이 한 개인 경우도 있다.

**심화 학습** 혈류 속도

혈류 속도는 혈류량에 비례하고 총 단면적에 반비례하므로, 혈류량의 변화가 없으면 혈류 속도는 총 단면적의 증가에 따라 느려진다. 혈관의 총 단면적은 대동맥에서 가장 작으며 혈관이 나누어질 때마다 증가한다. 따라서 말초로 갈수록 총 단면적은 넓어져 모세 혈관에서 가장 넓고 이후 감소한다. 그러므로 평균 혈류 속도는 대동맥에서 가장 빠르고 동맥이 나누어지면서 느려지기 시작하여 모세 혈관에서 가장 느려진다. 모세 혈관에서는 총 단면적이 매우 크므로 혈류 속도가 매우 느려지게 되어(약 0.05 cm/s) 혈액과 조직 세포 간에 물질 교환이 충분히 일어날 수 있다.




혈관의 총 단면적과 혈압 및 혈류 속도의 관계

**| 관련 지식 |**

❀ **조직액**

혈액이 순환하는 도중에 모세 혈관에서 혈장의 일부가 조직 세포 사이로 흘러나가 세포 사이를 채우고 있는 액체이다. 조직액은 조직 세포에 영양분과 산소를 공급하며, 조직 세포로부터 이산화 탄소를 포함한 노폐물을 받게 된다.



### 혈관으로 나를 증명한다

사람의 손등에는 개인마다 고유한 형태의 정맥이 존재하며, 이 생물학적 특징을 인식이나 인증에 이용할 수 있다. 손 혈관 인식 시스템은 손등이나 손목에 분포한 혈관의 형태를 인식하는 기법으로 적외선을 사용하여 혈관을 투시한 후 잔영을 이용하여 신분 확인을 하게 된다. 이는 복제가 거의 불가능하여 보안성이 가장 높다는 장점이 있다. 손등의 정맥 구조는 육안으로도 식별 가능하나 적외선 조명을 비추어 보면 개인별로 판이한 구조로 되어 있다. 손 혈관 인식 시스템은 적외선 조명을 손등에 비추어 반사된 영상을 카메라를 통해 디지털 영상으로 변환한 다음, 정맥의 패턴을 추출하여 분포 패턴의 특성으로 개인을 식별하는 시스템이다.

## 보충 학습 푸르게 보이는 정맥

우리 몸에서 푸르게 보이는 혈관들은 모두 정맥이다. 정맥을 흐르는 혈액은 붉은색이고 혈관 자체는 투명하지만 팔과 손, 다리에서 보이는 혈관은 푸른색이다.

우리 몸의 피부 조직은 대부분의 빛을 반사시킨다. 이때 붉은빛은 푸른빛보다 파장이 길어 반사되기 전에 피부 깊숙이 들어간다. 정맥이 푸르게 보이는 것은 붉은빛은 정맥 속의 혈액에 의해 흡수될 만큼 조직 속으로 깊이 들어가지만 푸른빛은 정맥에 도달하기 전에 반사되어 나오기 때문이다. 그래서 정맥 위에 있는 조직으로부터 반사되어 나오는 빛은 붉은빛보다 푸른빛을 더 많이 포함하게 되어 정맥이 푸른빛으로 보이는 것이다. 실험에 의하면 정맥이 푸르게 보이기 위해서는 혈관이 피부 표면보다 적어도 0.05 cm 아래에 있어야 한다.


그림 Ⅳ-30 정맥_ 손등에 푸르스름하게 보이는 혈관이 정맥이다.

**정맥**은 동맥과는 달리 몸의 얕은 곳에 위치한다. 손등을 보면 푸르스름하게 보이는 혈관이 정맥이다. 또한 헌혈을 하거나 혈관 주사를 놓을 때 주사 바늘을 꽂는 혈관이 정맥이다. 정맥은 동맥에 비해 혈관벽이 얇고 탄력성이 약하다.

정맥은 혈압이 매우 낮기 때문에 혈액이 거꾸로 흐를 위험성이 있다. 그러나 정맥에는 **판막**이 있어서 혈액이 항상 심장 쪽으로만 흐른다. 헌혈을 할 때 고무줄로 팔을 묶으면 정맥이 도드라지면서 작은 멍울 같은 것이 보이는데, 이 부분이 판막이다.

정맥에서 혈액은 주로 정맥 주변의 근육 운동에 의해 이동한다. 몸을 움직일 때 주변 근육이 정맥을 눌러 주면 판막이 열리면서 혈액은 심장 쪽으로 이동한다.



그림 Ⅳ-31 정맥_ 혈액이 근육 운동에 의해 이동한다.

**과학 자료실** 혈관으로 나를 증명한다.



정맥은 모양이나 길이, 구부러진 각도 등 사람마다 고유한 특징이 있다. 이러한 특징을 보안 부분에 활용한 것이 손 혈관 인식 시스템이다.

손 혈관 인식 시스템은 지문처럼 개인 인식에 사용하는 기술로서 지문이나 손가락이 없는 사람도 이용할 수 있고 사용이 편리하다는 장점이 있다. 또한 사용자의 거부감이 적고, 지문보다 많은 정보를 가지고 있어 인식률이 매우 높다. 특히 적외선으로 혈관을 투시하여 신분을 확인하기 때문에 복제가 거의 불가능하고 보안성이 매우 높은 인식 기술이다.

손 혈관 인식 시스템은 세계 최초로 우리나라에서 개발되고 상용화된 최첨단 바이오 인식 기술이다.

214 Ⅳ. 소화·순환·호흡·배설



### 혈관의 특징

| | 분포 | 혈관벽 | 탄력성 | 판막 | 맥박 | 혈압 | 혈류 속도 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 동맥 | 깊은 곳 | 두껍다 | 크다 | 없다 | 있다 | 높다 | 빠르다 |
| 정맥 | 몸 표면 | 얇다 | 작다 | 있다 | 없다 | 낮다 | 중간 |
| 모세 혈관 | 온몸 | 한 겹의 세포층 | 작다 | 없다 | 없다 | 중간 | 느리다 |

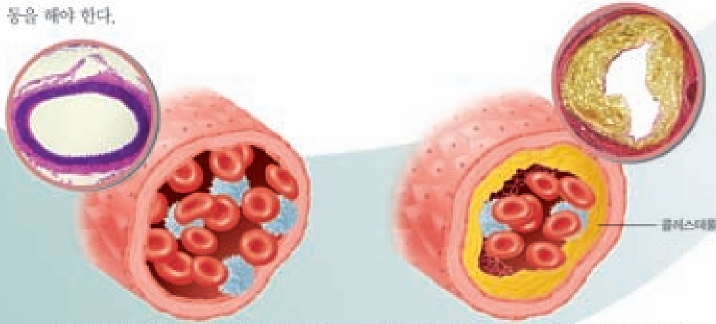
### 혈관의 생리적 특성 비교

(1) **혈압** 동맥 > 모세 혈관 > 정맥
(2) **혈관벽의 두께** 동맥 > 정맥 > 모세 혈관
(3) **혈관의 굵기(지름)** 정맥 > 동맥 > 모세 혈관
(4) **혈관의 총 단면적** 모세 혈관 > 정맥 > 동맥
(5) **혈류 속도** 동맥 > 정맥 > 모세 혈관

### 혈관의 이상

지방이 많은 음식은 혈액 속의 콜레스테롤 수치를 증가시킨다. 동맥벽에 상처가 생기면 탄력성이 약해지고 콜레스테롤이 쌓이면서 혈관이 좁아지는데, 이를 **동맥 경화**라고 한다. 동맥 경화가 진행되어 혈관이 좁아지면 산소와 영양소의 공급이 잘 이루어지지 않아 심장 질환과 같은 각종 질병이 생길 수 있다.

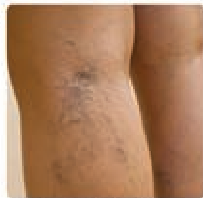
동맥 경화를 예방하기 위해서는 지방 성분이 많은 음식을 줄이고 규칙적으로 운동을 해야 한다.




❶ 그림 Ⅱ-32 **건강한 혈관** 혈관벽에 이물질이 쌓여 있지 않고 혈관 속 공간이 넓어 혈액이 쉽게 흐른다.

❶ 그림 Ⅱ-33 **동맥 경화가 진행된 혈관** 혈관벽에 콜레스테롤이 축적되어 혈관 속 공간이 좁아져 있다. 혈액이 흐르는 속도가 느려지고 혈관벽이 받는 압력은 높아진다.

사람들 중에는 다리의 혈관이 눈에 띄게 튀어나와 있거나 몇 시간만 서 있어도 다리가 퉁퉁 붓는 경우가 있다. 특히 다른 부위보다 다리의 정맥에는 판막이 많이 있다. 판막에 이상이 생기면 혈액이 제대로 흐르지 못하고 혈압이 높아지면서 정맥이 늘어나는데, 이런 증상을 **하지 정맥류**라고 한다. 하지 정맥류를 예방하기 위해서는 다리를 꼬고 앉거나 오래 서 있는 자세는 피하고, 다리의 피로를 충분히 풀어 주어야 한다.



❶ 그림 Ⅱ-34 하지 정맥류

잠깐 체크 다른 부위보다 다리에 있는 정맥에 판막이 많은 이유는 무엇인가?

**자기 주도 학습**

- **개념 확인하기** 세 종류의 혈관을 혈압이 높은 순서대로 나열해 보자.
- **응용 문제 해결하기** 혈액이 모세 혈관을 통해 조직 세포와 물질 교환을 할 수 있는 이유를 설명해 보자.
- **과학과 건강 연관 짓기** 뇌에 혈액을 공급하는 혈관이 막히거나 터져서 뇌 기능 장애가 생기는 병을 뇌졸중이라고 한다. 뇌졸중의 초기 증상을 조사해 보자.



### ❀ 동맥과 정맥에서의 혈액의 흐름

동맥의 혈액은 심장 박동에 의해 생긴 혈압에 의해 모세 혈관으로 이동한다. 그러나 모세 혈관을 지나 정맥으로 이동한 혈액은 압력이 매우 낮기 때문에 심장으로 이동하기 어렵다. 머리나 목 등 심장보다 위쪽에 있는 정맥의 혈액은 중력에 의해서 자연적으로 흘러 심장으로 이동한다. 그러나 심장의 아래쪽에서는 중력이 혈압보다 크기 때문에 심장 아래에 있는 정맥의 혈액은 다리의 장딴지나 팔을 움직일 때의 근육 운동과 혈액의 역류를 방지하는 판막에 의해서 심장으로 이동한다.

### ❀ 혈관의 이상

(1) **동맥 경화**　동맥벽에 콜레스테롤이나 중성 지방과 같은 지방 물질이 쌓여 동맥 내부가 좁아지고 탄력성을 잃게 되는 질병이다. 위험 인자로는 고지혈증, 흡연(비흡연자에 비해 흡연자의 사망 위험성이 세 배 높다.) 고혈압, 당뇨병, 비만 등을 들 수 있다.

(2) **하지 정맥류**　다리에 있는 정맥의 판막이 손상되어 혈액 순환이 원활하지 못하고 많은 양의 혈액이 정맥에 고이게 되는 질병이다. 정맥류가 생긴 정맥은 푸른색을 띠며, 부어 있거나 늘어나 있고, 비틀려 있거나 구불구불하다.

**잠깐 체크**

혈액이 중력에 의해 아래쪽으로 역류하는 것을 방지하기 위해 다리의 정맥에 판막이 많다.

**자·기·주·도·학·습**

▶ **개념 확인하기**

동맥, 모세 혈관, 정맥_ 혈압은 심장에서 멀어질수록 낮아진다.

▶ **응용 문제 해결하기**

모세 혈관은 혈관 벽이 한 겹의 세포층으로 이루어져 있고, 혈류 속도가 매우 느리기 때문이다.

▶ **과학과 건강 연관 짓기**

뇌졸중의 초기 증상에는 마비와 언어 장애, 시각 장애, 현기증, 두통 등이 있다.

- 갑자기 말을 못하거나 발음이 어눌하여 무슨 말인지 알아듣지 못한다.
- 갑자기 한쪽 팔다리에 힘이 없거나 저리고, 감각이 없다.
- 갑자기 한쪽 눈이 흐리게 보이거나 잘 안 보인다.

**심화 학습　콜레스테롤**

인체의 기능을 정상으로 유지하기 위해 필수적인 지질의 하나로 세포막을 구성하는 데 꼭 필요한 성분이다. 음식을 통해서도 흡수되지만 대부분은 간에서 합성된다. 콜레스테롤은 세포막이 많은 기관에서 높은 농도로 발견되며, 혈전을 만들기도 한다. LDL(저밀도 지방 단백질)과 HDL(고밀도 지방 단백질)이 있는데, 단백질 비율이 낮으면 LDL이 되고 단백질 비율이 높으면 HDL이 된다. LDL에 의해 운반된 콜레스테롤은 혈관에 침착되며, 반대로 HDL은 콜레스테롤을 혈관벽에서 추출하여 동맥 경화를 예방하는 작용을 한다. 건강한 사람의 혈액 중 콜레스테롤 함량은 200 mg/100 mL 이하이다.

# 1-6 심장과 혈액 순환

## | 학습 내용 안내 |

(1) 사람의 심장은 두 개의 심방과 두 개의 심실로 이루어져 있음을 안다.
(2) 판막의 위치와 심장과 연결된 혈관의 이름을 안다.
(3) 심장에서 혈액이 항상 심방에서 심실로 흐르는 이유를 이해한다.
(4) 좌심실에서 출발하여 온몸을 돌아오는 체순환과 우심실에서 출발하여 폐를 돌아오는 폐순환이 필요한 이유를 이해한다.

## | 학습 전개 |

도입 글을 통해 심장의 모양과 하는 일을 생각해 보게 한다.

↓

교과서의 그림을 통해 심장의 구조를 정리해 준 다음, 심장 판막의 구조와 위치를 통해 혈액이 흐르는 방향을 설명하게 한다.

↓

교과서의 그림을 통해 심장에서 나온 혈액이 흐르는 경로를 체순환과 폐순환으로 구분해 보게 하고, 각각의 혈액 순환이 필요한 이유를 토의하게 한다.

↓

운동량에 따라 심장 박동 수가 달라지는 이유를 토의해서 발표하게 한다.

**찾아보기**

- 하비가 들려주는 혈액 순환 이야기(2010), 손선영 저, 자음과 모음
- 몸, 그 생명의 신비(2002), 최달수 저, 사계절
- 생명 과학 8판(2008), Campbell 저, 전상학 역, 라이프사이언스
- 대한 적십자사 혈액 관리 본부 http://www.bloodinfo.net



# 1-6 심장과 혈액 순환

**학습 목표**

- 심장의 구조를 말할 수 있다.
- 심장에서 혈액이 흐르는 방향을 말할 수 있다.
- 체순환과 폐순환이 필요한 이유를 설명할 수 있다.

흔히 하트를 사랑의 상징이라고 일컫는다. 중세에 유럽인들은 마음이 가슴에 있다고 믿었다. 그래서 맹세할 일이 있으면 가슴에 손을 올리면서 다짐을 하였고, 사랑의 감정을 고백할 때에는 '가슴이 뛴다.'라고 표현하였다. 가슴에 있는 마음은 심장을 뜻하기 때문에 사랑의 표시인 하트는 자연스럽게 심장을 상징하는 기호가 되었다. 우리도 평소 긴장하거나 좋아하는 사람이 앞에 있으면 심장이 두근거리는 것을 느낄 수 있다. 또한 좋아하는 사람에게 손가락을 모아 하트 표시를 하기도 한다. 그렇다면 실제로 심장은 하트 모양일까?

### 심장의 생김새

사람의 심장은 대부분 자기 주먹보다 약간 크며, 가슴 정중앙에서 왼쪽으로 약간 치우쳐 있다. 심장은 온몸으로 혈액을 공급하는 기관으로서, 주기적으로 오므라들었다 부풀었다 하는 운동을 반복한다. 사람의 심장은 1분 동안 70번 정도 뛰면서 5 L 정도의 혈액을 혈관으로 내보낸다. 하루로 계산하면 심장은 10만번 가까이 뛰면서 7,000 L 이상의 혈액을 내보내는 엄청난 일을 하는 것이다. 이처럼 혈액을 온몸으로 내보내기 위한 심장의 움직임을 **심장 박동**이라고 한다.



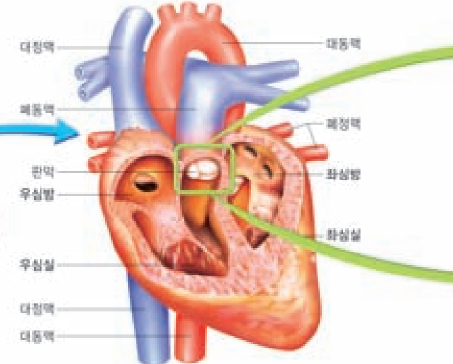



그림 Ⅳ-35 심장의 구조_ 사람의 심장은 두 개의 심방과 두 개의 심실로 되어 있다.



## 과학 돋보기

### ❀ 심장의 구조

심장의 크기는 자기 주먹보다 약간 크며, 무게는 약 300 g이다. 심장은 좌우 폐 사이의 공간에 왼쪽으로 약간 치우쳐 위치하며, 안쪽은 속이 빈 네 개의 방으로 나누어져 있다. 얇은 벽으로 이루어진 위쪽의 방을 심방이라고 하며, 두꺼운 벽으로 이루어진 아래쪽의 방을 심실이라고 한다.

왼쪽과 오른쪽의 심방은 각각 방실 구멍이라고 불리는 구멍을 통해 심실과 연결된다. 또한 우심방과 좌심방, 우심실과 좌심실은 각각 사이막(좌우를 나누는 벽)에 의해 나뉘어져 있기 때문에 혈액이 섞이지 않는다.

(1) **심방** 심장에서 혈액을 받아들이는 곳으로서, 우심방은 상대정맥(신체 상반부의 정맥혈을 모으는 대정맥)과 하대정맥(신체 하반부의 정맥혈을 모으는 대정맥)에 연결되어 있으며, 좌심방은 폐정맥과 연결되어 있다.

(2) **심실** 심장에서 혈액을 내보내는 곳으로서, 우심실은 폐동맥과 연결되어 있으며, 좌심실은 대동맥과 연결되어 있다.

사람의 심장은 속이 비어 있는 근육질로서, 두 개의 심방과 두 개의 심실로 이루어져 있다. 심장에서 위쪽에 있는 부분을 **심방**이라 하고, 아래쪽에 있는 부분을 **심실**이라고 한다. 심장의 오른쪽과 왼쪽 부분은 매우 두꺼운 근육으로 구분되어 있다.

심방은 심장에서 혈액을 받아들이는 곳으로서, 정맥과 연결되어 있다. 우심방은 대정맥과 연결되어 있으며, 온몸을 돌고 온 혈액을 받아들인다. 또 좌심방은 폐정맥과 연결되어 있어 폐를 돌고 온 혈액을 받아들인다.

심실은 심장에서 혈액을 내보내는 곳으로서, 동맥과 연결되어 있다. 우심실은 폐동맥과 연결되어 있어 폐로 혈액을 내보내고, 좌심실은 대동맥과 연결되어 있어 온몸으로 혈액을 내보낸다.

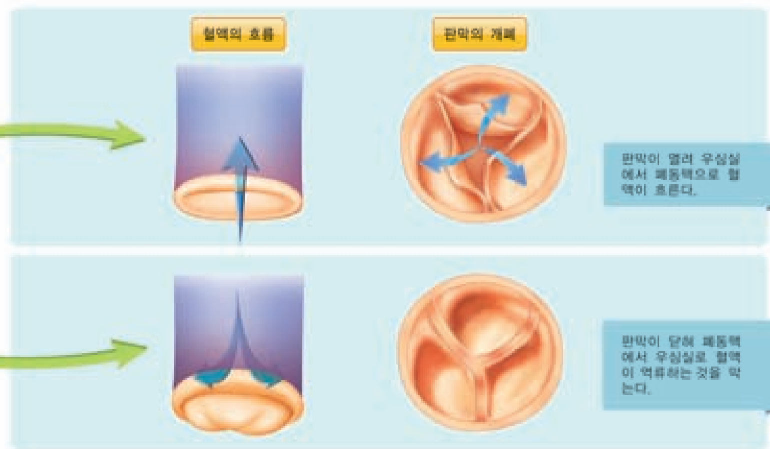
심장의 안쪽을 살펴보면 심방과 심실 사이, 심실과 동맥 사이에 판막이 있다. 심장의 판막은 혈액이 거꾸로 흐르는 것을 막아 주기 때문에 심장에서 혈액은 항상 심방에서 심실 쪽으로만 흐른다. 가슴에 청진기나 귀를 가만히 대보면 심장 소리를 들을 수 있다. 이때 두 종류의 소리가 번갈아 들리는데, 실제로는 심장이 박동하는 소리가 아니라 심장의 판막이 닫힐 때 나는 소리이다. 심장의 판막이 정상보다 두꺼워지면 심장 소리가 커진다. 또한 심장의 판막에 이상이 생기면 혈액 순환이 잘 되지 않고 가슴 통증이나 호흡 곤란과 같은 증상이 나타날 수 있다.

**심방과 심실**
심방과 심실은 크기를 기준으로 붙여진 이름이며, 좌우의 기준은 우리 앞에 마주보고 있는 사람의 몸을 기준으로 하기 때문에 좌우가 반대이다. 따라서 그림에서 왼쪽은 실제로는 오른쪽이다.



그림 Ⅱ-36 심장 박동 소리_ 청진기를 통해 판막이 닫힐 때 나는 소리를 들을 수 있다.

잠깐 체크 심장에서 판막이 있는 곳은 어디이며, 심장의 판막은 어떤 일을 하는가?




1. 소화와 순환 217

**잠깐 체크**

심장의 판막은 좌심방과 좌심실 사이, 우심방과 우심실 사이, 좌심실과 대동맥 사이, 우심실과 폐동맥 사이에 있다. 심장에 있는 판막은 혈액이 거꾸로 흐르는 것을 방지한다.

## 관련 지식

### ❀ 심장의 이름

심장 그림에서 오른쪽에 있는 것은 좌심방과 좌심실이며, 왼쪽에 있는 것은 우심방과 우심실이다. 그 이유는 해부도를 그릴 때 대상을 마주보고 그대로 그리기 때문이다. 따라서 심장 그림을 볼 때는 좌우를 바꾸어 생각해야 한다.

### ❀ 심장 박동의 조절

심장 박동은 자율 신경계와 호르몬의 조절을 통해 이루어진다. 심장 박동의 조절 중추인 연수는 긴장 상태에서는 교감 신경에게 명령을 내려 심장 박동수를 증가시킨다. 반대로 우리 몸이 휴식 상태인 경우는 부교감 신경에게 명령을 내려 심장 박동수를 감소시킨다. 또한 심장 박동은 호르몬의 조절을 받는데, 부신에서 분비되는 아드레날린은 교감 신경처럼 심장 박동을 증가시킨다. 이 밖에도 심장 스스로 호르몬을 분비하여 혈압을 감지하고 조절한다.

### ❀ 심장 판막

심장에는 혈액이 일정한 방향으로만 흐르게 하기 위해 열리고 닫히는 구조인 판막이 있다.

(1) **삼첨판** 우심방과 우심실 사이에 있으며 세 개의 첨판으로 구성되어 있다. 우심실에서 우심방으로 피가 거꾸로 흐르는 것을 막는 역할을 한다.

(2) **이첨판** 좌심방과 좌심실 사이에 있으며 두 개의 첨판으로 구성되어 있다. 좌심실에서 좌심방으로 피가 거꾸로 흐르는 것을 막는 역할을 한다.

(3) **반월판** 심실과 동맥 사이에 있으며 세 개의 반달 모양의 판막으로 구성되어 있다. 좌심실과 대동맥 사이의 대동맥판은 후반월판, 우반월판, 좌반월판으로 이루어져 있고, 우심실과 폐동맥 사이의 폐동맥판은 전반월판, 우반월판, 좌반월판으로 이루어져 있다.

### ❀ 심장 소리

정상인의 심장에 청진기를 대고 들었을 때 들리는 심장음은 심장 판막이 닫히는 소리이다. 심실이 수축할 때 "뚝" 하고 들리는 소리는 주로 이첨판과 삼첨판이 닫힐 때 나는 소리로서, 저음이면서 길고 둔한 소리가 난다. 반면, 심실이 확장할 때 "딱" 하고 들리는 소리는 주로 반월판이 닫힐 때 생기는 소리로서, 고음이면서 짧고 날카로운 소리가 난다.

### ❀ 청진기

주로 심장과 폐에서 나는 소리를 듣기 위해 사용되는 의료 기구로서, 1819년 프랑스 의사인 라에네크가 발명하였다. 처음에는 환자의 가슴에서 나는 소리를 듣기 위해 속이 빈 나무 원통을 사용하였다. 지금은 청진기의 집음부에서 모은 소리를 고무관으로 유도하여 양쪽 귀로 듣는 것을 많이 쓰고 있다.



청진기

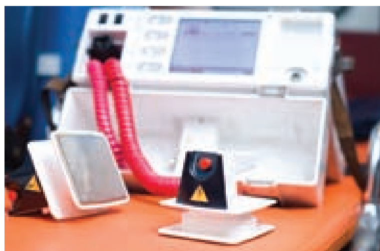



### ❀ 심실이 심방보다 큰 이유

심실이 수축했다가 이완하는 순간 심방에 있던 대부분의 혈액은 심실 안으로 빨려 들어간다. 그러나 심실이 수축할 때 심실의 혈액이 모두 동맥으로 나가는 것은 아니다. 성인 남자의 심방에 있는 혈액의 양이 30 mL라고 한다면, 한 번 심실이 수축할 때 대동맥으로 나가는 혈액의 양은 60~80 %인 18~24 mL 정도이다. 좌심실이 80~120 mmHg의 압력으로 수축하는 동안에는 혈액이 대동맥으로 나갈 수 있지만 압력이 80 mmHg 이하로 떨어지게 되면 더 이상의 혈액은 나가지 못하고 좌심실에 남게 된다. 용수철을 많이 잡아당기면 그만큼 탄성이 커지는 것처럼 심실에 혈액이 많이 남게 되면, 그만큼 심실은 부풀게 되며 더 강한 힘으로 수축을 할 수 있게 된다. 따라서 심실이 심방보다 크기가 더 커야만 한다.

### ❀ 심장의 두께

심장이 수축할 때 발생하는 압력의 크기는 심장 근육의 두께에 비례한다. 심방의 근육은 두께가 매우 얇아서 큰 압력을 내지 못한다. 그러나 심실은 심방보다 근육의 두께가 두껍다. 그중에서도 좌심실은 우심실보다 두꺼워 가장 큰 압력을 발생시킨다. 우심실은 수축할 때 저항을 적게 받기 때문에 4~5 mm 두께의 얇은 벽을 가지고 있다. 반면, 좌심실은 몸 전체의 조직으로 혈액을 운반할 수 있도록 수축해야 하기 때문에 높은 압력을 발생시켜야 한다. 그래서 좌심실은 두께가 8~15 mm로, 우심실에 비해 2~3배 두꺼운 근육 조직으로 둘러싸여 있다.



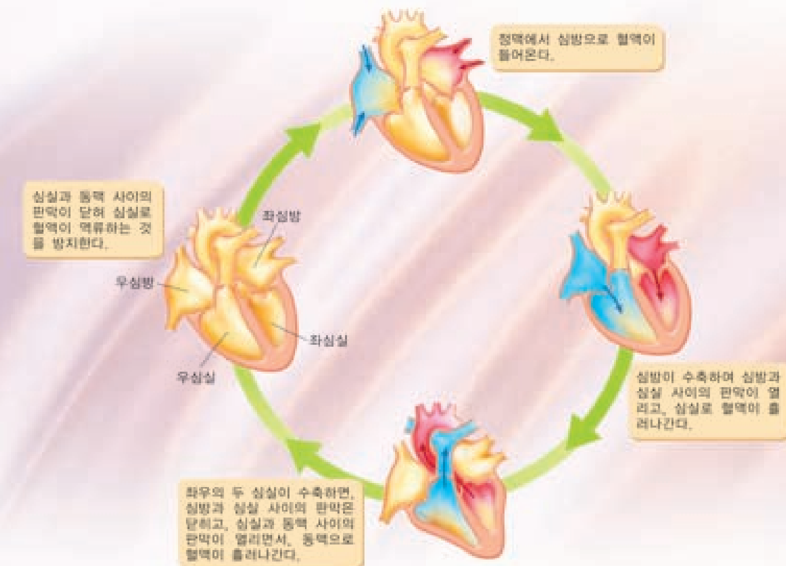
❷ 제세동기(심장 충격기)_ 전기 충격으로 심방과 심실의 불필요한 잔떨림을 제거하여 갑자기 멈춘 심장을 되살리는 기기이다.

**더 알기** 심장 박동

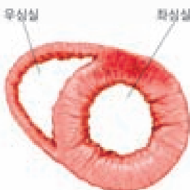
심장 박동은 심장에서 만들어지는 미세한 전기 자극에 의해서 자율적으로 일어난다.

**심장에서의 혈액의 흐름**

의학 드라마를 보면 일시적으로 심장이 멈춘 사람에게 전기 자극을 주어 심장이 다시 뛰게 하는 경우를 볼 수 있다. 보통 근육은 신경 자극이 있어야 수축을 하지만, 심장은 스스로 신경 자극을 만들어 낸다. 혈액은 심장의 수축 운동에 의해서 이동하며, 심방과 심실의 수축 운동은 서로 번갈아 가면서 이루어진다.




❷ 그림 Ⅳ-37 심장에서의 혈액의 흐름




❷ 그림 Ⅳ-38 심실 벽_ 좌심실의 벽은 우심실의 벽보다 2~3배 더 두껍다.

정맥을 통해 심방으로 들어온 혈액은 심방이 수축할 때 심실로 흘러들어 가고, 심실로 들어온 혈액은 심실이 수축할 때 동맥으로 흘러나간다. 심장은 일생 동안 박동을 계속하면서 혈액을 몸 구석구석까지 보내는 펌프 역할을 한다.

심장이 수축할 때 생기는 압력은 심장 벽의 두께에 비례한다. 심실은 강한 압력으로 혈액을 심장 밖으로 밀어내야 하기 때문에 심실 벽이 심방 벽보다 더 두껍다. 특히 좌심실 벽이 가장 두꺼운데, 그 이유는 온몸으로 혈액을 내보내기 위해서는 가장 강한 압력이 필요하기 때문이다.

218 Ⅳ. 소화 · 순환 · 호흡 · 배설

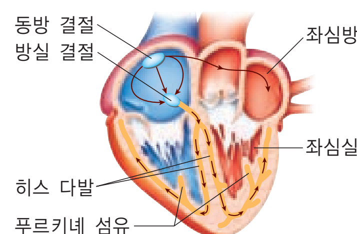



### ❀ 심장 박동

심장의 수축과 이완을 심장 박동이라고 한다. 성인의 경우 휴식 상태에서 심장은 보통 1분에 60~70회 수축한다.

### ❀ 심장 박동의 원리

우심방에 있는 동방 결절이라는 근육에서 약 0.8초 간격으로 전기를 발생시키면, 전류가 심방을 따라 방실 결절에 전달되어 심방이 완전히 수축하고, 그다음 양쪽 두 개의 심실을 수축시켜 심장 박동의 사이클이 완성된다. 이러한 신경 충격은 심실의 격벽에 있는 히스 다발이라는 근육을 따라 심실로 전해지고 푸르키녜 섬유로 전달되어 심장은 계속해서 혈액을 펌프질하게 된다.




❷ 심장 박동의 원리

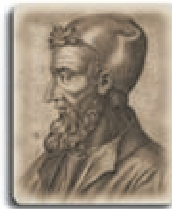
동방 결절 → 심방 수축 및 방실 결절 자극 → 히스 다발 → 푸르키녜 섬유 → 심실 수축

### 혈액의 순환

혈액이 순환한다는 사실은 어떻게 알게 되었을까?

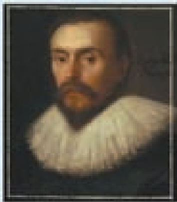
고대 로마의 의학자 갈레노스는 "위와 장에서 흡수된 양분은 간에서 혈액으로 바뀐 다음, 정맥을 통해 온몸으로 전달되어 사라진다."라고 하였다. 또한 그는 "심장은 팽창을 하면서 혈액을 빨아들이는데, 혈액이 밀물처럼 심장을 향하기도 하고, 심장에서 썰물처럼 빠져나가기도 한다."라고도 하였다.

만일 갈레노스의 생각이 옳다면, 간에서는 매일 엄청난 양의 혈액이 만들어져야 한다. 17세기에 와서 갈레노스의 생각에 의문을 가진 하비는 여러 가지 실험을 통해 혈액이 순환한다는 사실을 밝혀내었다.



⊙ 그림 Ⅱ-39 갈레노스(Galenos : ?129~?199)_해부학과 실험 생리학을 발전시켜 그리스 의학의 체계를 세웠다.

**이미지 사이언스** 혈액 순환의 발견



⊙ 하비(Harvey, W. : 1578~1657)

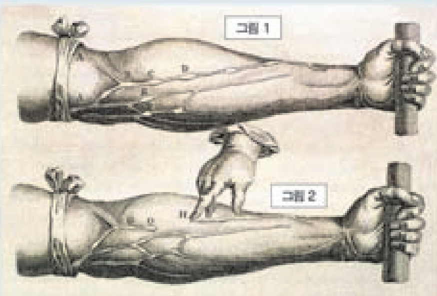
하비는 끈으로 팔을 묶으면 혈관이 부풀어 오르는 현상을 통해 혈액이 순환한다고 설명하였다. 팔을 끈으로 동여매고 정맥과 동맥의 흐름을 번갈아 가며 차단하면 묶은 부분의 위쪽에서는 동맥이 부풀어 오르고, 정맥은 아래쪽이 부풀어 오른다.

그림 1에서 B, C, D, E, F 부분이 정맥에 있는 판막이다. 그림 2에서 H 부분을 손가락으로 누르면 심장으로 들어오던 혈액의 흐름이 막혀 H와 O 사이에 혈액이 흐르지 않게 된다. 이때 O에서 H 방향으로 혈액을 밀어도 정맥 안에서 혈액은 거꾸로 흐르지 않으므로 H와 O 사이에는 혈액이 흐르지 않는다.

하비는 이와 같은 실험을 통해 "심장은 심장 박동을 통해 동맥으로 혈액을 내보내고, 혈액은 동맥을 따라 흐르다가 정맥을 통해 심장으로 들어간다."고 주장하였다.

하비는 1628년에 실험 결과를 정리하여 "심장과 피의 운동에 관하여"라는 책을 발표하였다. 하지만 하비는 동맥과 정맥을 연결하는 모세 혈관의 존재는 알지 못하였다. 모세 혈관은 그 이후 이탈리아의 말피기(Malpighi, M. ; 1628~1694)에 의해 발견되었다.

말피기는 1661년 개구리의 폐와 방광을 현미경으로 관찰하여 모세 혈관 내부에서 혈액의 움직임을 발견하였다. 결국 하비가 죽은지 4년 만에 말피기에 의해서 혈액 순환론이 완성된 것이다.




⊙ 하비의 실험

1. 소화와 순환 219

## | 관련 지식 |

### ❀ 말피기(Malpighi, M. ; 1628~1694)

미시 해부학의 창시자인 그는 개구리의 폐와 방광을 현미경으로 관찰하여 모세 혈관에서 혈액의 흐름을 발견하는 데 이어 동맥에서 정맥으로의 혈액의 이동을 확인함으로써 하비의 혈액 순환론을 완성하였다. 발생학의 개척자로서 달걀에서 닭의 발생을 관찰하여 기술하였으며, 말피기의 이름은 말피기관, 말피기 소체와 같은 용어에 남아 있다.

### ❀ 하비의 결절사 실험

하비는 자신의 주장을 뒷받침하기 위해 결절사 실험을 하였다. 결절사 실험이란 팔의 윗부분을 줄로 묶을 때 세게 묶으면 피부 깊숙한 곳의 동맥까지 묶여서 팔의 윗부분이 부풀어 오르고, 조금 약하게 묶으면 정맥만 묶여서 아랫부분이 부풀어 오르는 것을 관찰한 실험으로 동맥과 정맥이 이어져 있음을 증명한 실험이다. 또한 그는 혈관에 가는 철사를 꽂을 때 한쪽으로만 잘 들어가는 것을 통해 혈관에는 혈액이 한쪽으로만 흐르는 사실도 알아냈다. 하비는 수많은 실험들을 통해 자신의 혈액 순환론을 증명하고 주장했지만 당시에는 인정받지 못하였다. 그 후 말피기가 현미경으로 모세 혈관을 발견하면서 혈액 순환 이론이 널리 받아들여지게 되었다.

## ✚참고 자료 혈액 순환의 발견

고대 로마 시대의 의학자인 갈레노스는 "음식물은 장과 간을 통과하여 '자연의 정기'에 의해 혈액으로 변하며, 이 혈액은 대부분 정맥을 통해 말초로 이동하여 그곳에서 쓰이고 나머지는 우심실로 이동한다. 우심실로 이동한 혈액의 일부는 폐로 이동하며 나머지는 심실 벽에 있는 작은 구멍을 통해 좌심실로 이동한다. 좌심실로 이동한 혈액은 폐에서 온 '생명의 정기'를 공급받아 동맥을 따라 말초로 이동하여 그곳에서 쓰인다. 생명 정기가 담긴 혈액 중 일부는 뇌에서 '동물의 정기'로 변하며 신경을 통해 신체 곳곳으로 이동하여 동물의 움직임을 조절한다."라는 주장을 하였다. 이 주장은 17세기 초까지 정설로 믿어졌다.

16세기에 베살리우스는 해부를 통해 심장 벽에 작은 구멍이 없다는 것을 발견했지만 당시의 의학자들은 갈레노스의 이론에 얽매여 있어서 아무도 갈레노스의 이론을 부정하지 못하였다. 이러한 판도를 바꾼 사람은 하비였다. 하비는 생리학에 근대적인 정량적 방법을 도입하였다. 그는 만약 갈레노스의 혈액 파도설이 옳다면 인간의 혈액은 매일 '심장이 한 번 박동할 때마다 나오는 혈액의 양'과 '하루 동안의 심장 박동 수'를 곱한 만큼의 양이 나와야 한다고 생각하였다. 이를 계산하니 1,800 L라는 양이 나왔다. 사람이 매일 1,800 L의 혈액을 소비한다면 적어도 매일 이 정도의 양의 음식을 먹어야 하는데, 이것은 불가능하다고 생각하였다. 먹은 음식물보다 더 많은 양의 혈액이 만들어질 수 없으므로 하비는 혈액이 순환되어야 한다고 생각하였다.



학습 자료실

### ❀ 척추동물의 순환계

척추동물의 경우 진화 과정에서 심장의 구조 변화를 볼 수 있다. 심장의 진화 순서는 1심방 1심실 → 2심방 1심실 → 2심방 불완전 2심실 → 2심방 2심실이다.

(1) **어류_ 1심방 1심실**

혈액이 1회 순환할 때 심장을 한 번 지나간다. 심장을 떠난 혈액은 아가미에서 산소를 얻고 신체의 다른 부위를 지나 다시 심장으로 돌아온다. 따라서 심장에는 정맥혈이 흐른다.

(2) **양서류_ 2심방 1심실**

혈액이 1회 순환할 때 심장을 두 번 지나간다. 양쪽 심방의 혈액이 하나의 심실로 이동하기 때문에 심실에서 동맥혈과 정맥혈이 섞인다.

(3) **파충류_ 2심방 불완전 2심실**

혈액이 1회 순환할 때 심장을 두 번 지나간다. 심실 안에 부분적으로 사이막이 있어 심실이 어느 정도 구분된다. 따라서 심실에서 동맥혈과 정맥혈이 섞이는 것을 어느 정도 막을 수 있다.

(4) **조류, 포유류_ 2심방 2심실**

혈액이 1회 순환할 때 심장을 두 번 지나간다. 이러한 2차 순환은 혈압을 높여 신체의 혈액 순환을 원활하게 한다. 또한 폐에서 산소와 결합한 동맥혈과 온몸을 돌아온 정맥혈이 섞이는 일이 없다. 이는 일정한 체온을 유지하고 활발하게 활동하는 데 매우 중요하다.

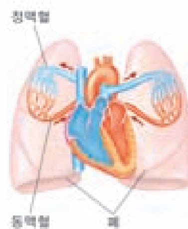
### ❀ 개방 혈관계와 폐쇄 혈관계

(1) **개방 혈관계**

심장에서 나온 혈액이 혈관을 거치지 않고 바로 조직 속으로 스며들었다가 심장으로 되돌아오는 순환 계통으로서, 연체동물이나 절지동물에서 볼 수 있다.

(2) **폐쇄 혈관계**

환형동물과 척추동물에 발달되어 있는 순환 계통으로서, 심장, 동맥, 모세 혈관, 정맥의 네 부분으로 구성되어 있다. 심장에서 나온 혈액의 대부분이 혈관을 통해 몸의 각 부분을 돌고 나서 다시 심장으로 되돌아온다.



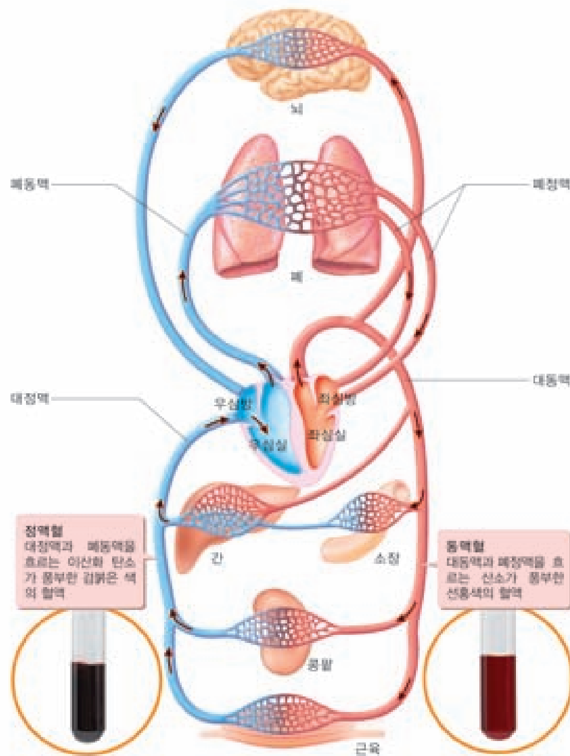

❸ 그림 Ⅱ-40 **폐순환**_ 혈액이 순환하면서 정맥혈이 동맥혈로 변한다.

혈액은 크게 두 가지 경로를 통하여 순환한다.

대정맥을 통해 우심방으로 들어온 혈액은 우심실의 수축으로 폐동맥을 거쳐 폐로 보내진다. 이때 혈액은 폐의 모세 혈관을 지나면서 이산화 탄소를 버리고 산소를 받게 된다. 그 후 혈액은 폐정맥을 거쳐 좌심방으로 돌아온다. 이와 같이 심장에서 출발하여 폐를 돌아오는 혈액의 순환을 **폐순환**이라고 한다.

폐를 지나온 혈액은 이산화 탄소의 양은 적어지고 산소의 양은 풍부해져서 선홍색을 띠게 되는데, 이를 **동맥혈**이라고 한다.






❹ 그림 Ⅱ-41 혈액의 순환 경로

220 Ⅱ. 소화·순환·호흡·배설



과학 돋보기

### ❀ 혈액의 순환

혈액의 순환은 심장의 운동에 의해 이루어진다. 순환 중인 혈액은 산소의 운반, 영양분의 공급, 대사 과정에서 생긴 노폐물의 제거, 체온 유지, 호르몬의 운반과 같은 역할을 한다.

(1) **폐순환** 우심방은 우심실과 연결되는데, 그 사이에는 삼첨판이 있어 혈액이 우심방에서 우심실로 흐르게 해 준다. 우심실은 산소 함량이 낮은 혈액을 폐로 보내기 위해 폐동맥과 연결되어 있다. 우심실과 폐동맥 사이에는 폐동맥판이 있어 혈액이 폐동맥으로만 흐른다. 폐동맥을 통해 폐로 들어온 혈액은 폐에서 이산화 탄소를 내보내고 산소를 얻음으로써 산소 함량이 높아지게 되고, 산소 함량이 높아진 혈액은 폐정맥을 통해 좌심방으로 돌아온다.

(2) **체순환** 좌심방은 좌심실과 연결되는데, 이 사이에는 이첨판이 있어 혈액이 좌심방에서 좌심실로만 흐르게 해 준다. 좌심실은 대동맥과 연결되어 있는데 이 사이에는 대동맥판이 있어 혈액이 대동맥으로만 흐른다. 대동맥을 흐르는 산소와 영양분을 함유한 혈액은 소동맥, 모세 혈관을 통해 온몸으로 전달되고, 다시 모세 혈관에서 나와 세정맥, 대정맥을 통해 우심방으로 돌아온다.

좌심실이 수축하여 대동맥으로 밀려나온 혈액은 동맥을 지나 온몸의 모세 혈관으로 퍼져 나간다. 이때 혈액은 조직 세포에 영양소와 산소를 공급하고, 조직 세포에서 생긴 노폐물을 받는다. 모세 혈관을 지나온 혈액은 정맥을 거쳐 대정맥을 통해 우심방으로 들어온다. 이와 같이 심장에서 출발하여 온몸을 돌아오는 혈액의 순환을 **체순환**이라고 한다. 이때 혈액은 온몸에 퍼져 있는 모세 혈관을 지나면서 이산화 탄소의 양은 풍부해지고 산소의 양은 적어져서 검붉은 색을 띠는 혈액으로 바뀌는데, 이를 **정맥혈**이라고 한다.

체순환은 비교적 긴 경로를 순환하기 때문에 대순환이라고도 하며, 폐순환은 체순환에 비해 짧은 경로를 순환한다고 하여 소순환이라고도 한다.

폐에서 들어오는 혈액이 흐르는 좌심방과 좌심실은 동맥혈이 흐르고, 온몸을 돌고 들어오는 혈액이 흐르는 우심방과 우심실은 정맥혈이 흐른다.

일반적으로 동맥에는 동맥혈이 흐르고, 정맥에는 정맥혈이 흐르지만 항상 그런 것은 아니다. 폐동맥은 동맥이지만 정맥혈이 흐르고, 폐정맥은 정맥이지만 동맥혈이 흐른다.

이와 같이 혈액은 순환 과정을 반복하면서 온몸에 영양소와 산소를 공급하고, 노폐물과 이산화 탄소를 각각 콩팥과 폐로 운반한다.

한편, 우리는 주변에서 몸에 꽉 끼이는 옷을 입고 다니는 경우를 볼 수 있다. 몸에 끼이는 옷은 혈관을 압박하여 혈액 순환을 방해하기 때문에 건강에 해롭다.



그림 Ⅳ-42 혈액 순환 방해_ 교복을 몸에 꽉 끼이게 입으면 혈액 순환을 방해하여 건강에 좋지 않다.

잠깐 체크 성인의 경우 심장은 한 번 수축할 때 약 70 mL의 혈액을 내보낸다. 1분 동안 심장이 70회 박동한다면 1시간 동안 심장에서 나오는 혈액량은 얼마인가?

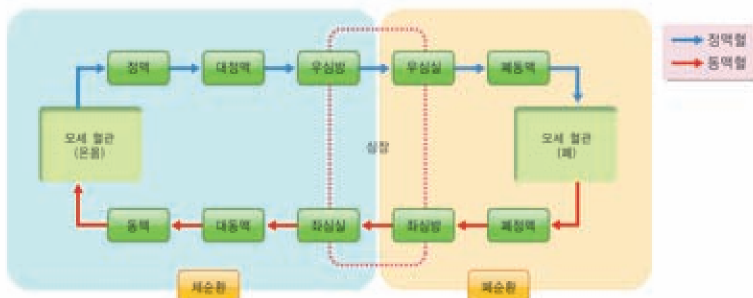



그림 Ⅳ-43 체순환과 폐순환

1. 소화와 순환 221

**잠깐 체크**

70 mL × 70(회) × 60(분) = 294 L

**참고 자료 타원구멍 개존증**

자궁 속의 태아는 태반에서 산소와 영양소를 공급받는다. 따라서 폐의 기능이 필요 없기 때문에 혈액과 산소의 효율적 순환을 위해 심장의 우심방과 좌심방을 구분하는 벽에 밸브 모양의 구멍이 뚫려 있다. 이 구멍을 타원구멍이라고 한다. 대부분의 사람들은 출생 후에 타원구멍이 메워져 동맥혈과 정맥혈이 분리된다. 그러나 성인의 약 20 %는 타원구멍이 완전히 닫히지 않고 개방될 수 있는 상태로 남아 있다. 이렇게 메워지지 않은 구멍이 존재하는 현상을 타원구멍 개존증이라고 한다. 이런 상태가 계속되면 혈액 순환 장애와 뇌졸중의 위험이 커진다. 우심방의 정맥혈이 곧장 좌심방으로 들어가 동맥으로 순환하다가 혈전이 뇌동맥을 막게 되면 뇌졸중이 발생할 수 있기 때문이다.

## 관련 지식

### ❀ 혈액 순환의 경로

온몸을 순환하면서 산소가 소모되고 대정맥으로 들어온 혈액 → 우심방 → 삼첨판 → 우심실 → 폐동맥판 → 폐동맥 → 폐(이산화 탄소를 내보내고 산소를 받아들임) → 폐정맥 → 좌심방 → 이첨판 → 좌심실 → 대동맥판 → 대동맥 → 온몸(산소와 영양소 공급)

### ❀ 동맥혈과 정맥혈

(1) **동맥혈** 폐에서 가스 교환이 이루어진 혈액으로서, 산소가 풍부하여 선홍색을 띤다.

(2) **정맥혈** 폐로 보내지는 혈액으로서, 산소가 부족하고 이산화 탄소가 많아 검붉은 색을 띤다.

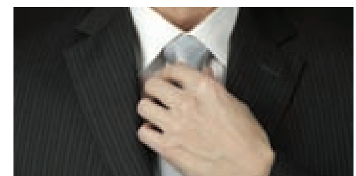
**동맥혈과 정맥혈의 비교**

| 구분 | 동맥혈 | 정맥혈 |
|---|---|---|
| pH | 7.35~7.45 | 7.33~7.43 |
| $CO_2$ 분압(mmHg) | 35~45 | 38~50 |
| $O_2$ 분압(mmHg) | 80~100 | 30~50 |
| $HCO_3^-$(mmol/L) | 22~26 | 23~27 |

### ❀ 꽉 끼는 옷이 해로운 이유

청바지나 레깅스 같이 꽉 끼는 옷을 장시간 착용하거나 허리띠를 너무 조여 매면 혈액 순환이 방해되고 신진대사가 억제된다. 꽉 끼는 옷이나 허리띠는 복부를 지나 심장으로 가는 대정맥을 누르게 된다. 따라서 정맥혈이 심장으로 가지 못하고 다리에 몰려 고이게 되므로 정맥류가 생길 수 있다.

넥타이를 너무 조이면 조여진 넥타이가 목의 경부 정맥을 압박하기 때문에 혈액이 눈에 정체되고, 안압이 상승하여 녹내장이 생길 수 있다.



넥타이_ 혈액 순환을 방해하기도 한다.

**잠깐 체크**

심장 박동이 동맥을 따라 전달되기 때문이다.

## 관련 지식

### 맥박

심장의 박동으로 심장에서 나오는 혈액이 얇은 피부에 분포되어 있는 동맥의 벽에 닿아서 생기는 주기적인 파동이다. 동맥이 가까이 있는 피부 표면을 손가락 끝으로 눌러 보면 느낄 수 있는데, 이때 주위 근육을 느슨하게 풀어 주면 더욱 잘 느낄 수 있다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

❶ 몸 전체로 혈액을 공급하기 위해서 강한 압력을 발생시킬 수 있다.

❷ 조직 세포에 산소와 영양소를 공급하고, 조직 세포로부터 이산화 탄소와 노폐물을 받아 온다.

▶ 생활 속 문제 해결하기

운동을 하여 심실이 발달하면 몸 전체로 산소와 영양소를 충분히 공급할 수 있다. 또한 한 번에 내보내는 혈액량이 많기 때문에 심장 박동을 자주 하지 않아도 된다. 휴식을 취할 때 일반인의 심박수가 60회 이상인 반면, 마라톤 선수의 심박수는 현저하게 감소하여 40~45회 정도이다._ 일반인의 심장 무게는 300 g 정도이지만 마라톤 선수는 350~400 g 정도이다. 그리고 심장의 좌우 지름이 일반인에 비해 거의 1.5배 이상 커져 있다. 특히 좌심실이 매우 크고, 심실 벽이 두꺼워 강한 압력으로 혈액을 한 번에 많이 내보낼 수 있다.

또한 심장에도 계속해서 산소와 영양소가 공급되어야 하기 때문에 심장 자체에 혈액을 공급하는 마라톤 선수의 심장 동맥 또한 일반인보다 2~3배 굵다. 따라서 일반인에 비해 심장 근육에도 충분한 산소와 영양소를 공급할 수 있다.



❶ 그림 Ⅱ-44 맥박을 재는 방법



❶ 그림 Ⅱ-45 상자 오르내리기

**운동량과 심장 박동**

손가락으로 손목이나 턱 밑을 지긋하게 눌러 보면 혈관이 규칙적으로 움직이는 것을 느낄 수 있다. 이것은 심장 박동이 동맥을 따라 전달되기 때문이다. 심장 박동에 의해 혈액이 혈관을 따라 흐를 때 동맥이 규칙적으로 움직이는 것을 **맥박**이라고 한다. 심장 박동 수와 맥박 수는 항상 일치하기 때문에 맥박 수를 측정하면 심장 박동 수를 확인할 수 있다.

교실에서 수업을 들을 때보다 체육 시간에 운동할 때 심장이 더 빠르게 뛴다. 상자 오르내리기를 반복한 후 맥박 수를 측정해 보면 운동을 할 때의 심장 박동이 휴식 상태의 심장 박동보다 더 빠른 것을 확인할 수 있다.

이처럼 운동을 하면 심장 박동이 빨라지는데, 그 이유는 무엇일까?

운동을 할 때에는 평소보다 더 많은 에너지를 필요로 한다. 근육 세포는 충분한 에너지를 얻기 위하여 영양소와 산소를 더 많이 소비하는데, 이때 이산화 탄소가 많이 생긴다. 따라서 심장은 우리 몸에 필요한 물질들을 빨리 운반하고, 많아진 이산화 탄소를 폐로 보내기 위해 평소보다 빠르게 움직여야 한다. 운동을 심하게 할수록 심장 박동이 빨라지는 것도 이런 이유 때문이다.

맥박은 나이, 운동량, 건강 상태 등에 따라 달라질 수 있으며, 맥박 수와 맥박의 세기 등을 이용하여 건강 상태를 진단할 수도 있다. 맥박 수는 휴식 상태일 때보다 격렬한 운동을 할 때 더 증가한다.

건강할 때에는 심장 박동이 규칙적으로 일어난다. 만일 심장 박동이 불규칙하다면 심장의 건강 상태를 의심해 보아야 한다.

잠깐 체크 맥박이 생기는 이유는 무엇인가?

자기주도학습

개념 확인하기

❶ 좌심실 벽이 두꺼움으로써 이로운 점은 무엇인가?

❷ 혈액의 순환 경로 중에서 체순환이 하는 일은 무엇인가?

생활 속 문제 해결하기

어떤 마라톤 선수의 심장을 살펴보았더니 일반인보다 심실이 더 크게 발달되어 있었다. 심실이 발달하면 운동 전과 비교했을 때 어떤 점에서 유리할지 토의해 보자.

222 Ⅱ. 소화 · 순환 · 호흡 · 배설



## 과학 돋보기

### 심장박출량

심장은 일정한 주기로 수축과 이완을 되풀이하여 혈액을 동맥으로 내보내는 펌프 기능을 한다. 심실에서 1분 동안 박출되는 혈액의 양을 심장박출량이라고 하는데, 심장박출량은 심장 박동 수와 심장 박동을 할 때마다 밀려 나오는 혈액량에 의해서 계산할 수 있다. 일반적으로 1회의 박동에 의해서 약 70 mL의 혈액이 밀려 나오고, 심장 박동 수를 1분에 70회라고 하면 심장박출량은 4,900 mL가 된다.

### 운동량과 심장박출량

운동을 하고 있을 때에는 1회의 심장 박동에 의해 나오는 혈액량과 심장 박동 수가 증가하여 심장박출량은 휴식 때보다 약 6배까지 증가한다. 즉, 안정 시에는 심장 박출량이 5 L/min 정도이지만, 최대로 운동할 경우에는 심장박출량이 30 L/min까지 증가한다. 운동을 할 때 심장박출량이 증가하는 이유는 조직 세포에 영양소와 산소를 공급하고 이산화 탄소를 빨리 외부로 배출하기 위해서이다. 심장박출량은 식사 후나 흥분할 때에도 증가한다. 그러나 휴식할 때나 잠을 잘 때는 몸의 각 부분에서 혈액의 요구가 낮기 때문에 심장박출량은 감소한다.

STEAM 융합

# 심근 경색을 수술 없이 치료한다.

심장이 계속해서 박동하려면 영양소와 산소를 공급받아야 한다. 심장을 감싸고 있는 혈관을 심장 동맥이라고 한다. 동맥 경화로 심장 동맥의 일부분이 완전히 막히면 심장은 산소와 영양소를 제대로 공급받지 못하게 되어 심장 근육이 죽는다. 이러한 질병을 심근 경색이라고 하는데, 심근 경색은 빨리 치료하지 않으면 심장 마비로 사망할 수도 있다.



미국에서는 매년 약 85만명의 심근 경색 환자가 새로 생기고 있으며, 그중 20 % 이상이 사망한다고 한다. 우리나라에서도 매년 7만 명 이상의 환자가 새로 생기고 있다.

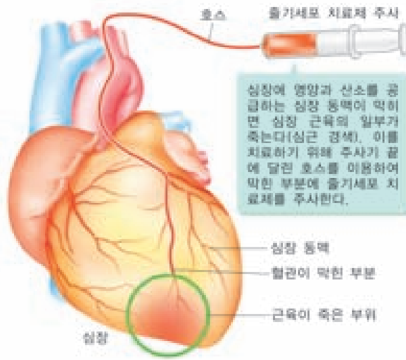
국내의 한 벤처 기업에서 세계 최초로 심근 경색을 치료할 수 있는 줄기세포 치료제를 개발하였다. 그동안 피부나 연골 등을 대체하는 세포 치료제는 여러 나라에서 개발되었지만, 심근 경색 세포 치료제의 개발에 성공한 것은 우리나라가 처음이다.

지금까지 심근 경색은 스텐트(그물망)를 혈관에 집어넣어 심장 동맥을 확장시킨 다음, 약물 치료를 꾸준히 하는 것이 일반적이었다. 그러나 줄기세포 치료제는 심근 경색 환자의 골수에서 채취한 혈액을 이용해서 만든다. 먼저 혈액에서 줄기세포를 찾아낸 다음 3~4주 정도 배양한다. 그 후 이 배양액을 심근 경색 환자의 손상된 심장 혈관에 직접 주사해서 치료한다. 임상 실험 결과 심장에서 나오는 혈액량이 증가한 것으로 나타났다.










줄기세포 치료제를 이용한 치료 방법

1. 소화와 순환 223

## 융합 STEAM

### 효과적인 운영을 위한 Tip

1 심장을 이루고 있는 근육 세포는 어떻게 영양소와 산소를 공급받는지 토의하게 한다.

2 인터넷을 이용하여 심근 경색을 치료하는 방법을 조사해 보게 하고, 수술 없이 치료할 수 있는 방법을 토의해 보게 한다.

3 인터넷 검색창에서 '줄기세포'를 키워드로 입력하면, 여러 가지 신문 기사들을 검색할 수 있다.

### ❀ 심근 경색

심장 발작이라고도 하며, 일반적으로 작은 혈전에 의해서 심장에 있는 심장 동맥 중 하나가 갑자기 막혔을 때 발생한다. 각각의 심장 동맥은 심장의 근육 벽에서 특정 부위에 혈액을 공급한다. 따라서 심장 동맥이 막히면 혈액이 공급되는 부위에 통증을 일으킨다.

### ❀ 심근 경색의 원인

- 흡연
- 비만
- 당뇨병
- 고혈압
- 심장 동맥 질환의 가족력
- 육체적으로 비활동성(규칙적으로 운동을 거의 안 함)
- 비정상적으로 높은 혈중 콜레스테롤 농도(콜레스테롤 혈증)
- 비정상적으로 낮은 HDL(고밀도 지방 단백질, 흔히 황금 콜레스테롤이라고 부름) 농도

### ❀ 심장 동맥

머리에 쓰는 왕관처럼 심장 주위를 둘러싸고 있기 때문에 관상 동맥이라고도 하며, 심장에 산소와 영양소를 공급하는 역할을 담당한다. 심장 동맥이 막히면 협심증이나 심근 경색이 나타난다.

### ❀ 줄기세포

특정한 세포로 분화가 진행되지 않은 채 유지되다가 필요할 경우 신경, 혈액, 연골 등 몸을 구성하는 모든 종류의 세포로 분화할 가능성을 갖고 있는 세포를 말한다.

(1) **성체 줄기세포** 생물의 여러 조직에서 특정한 조직을 구성하는 세포 중 성인의 몸에서 추출한 줄기세포를 말한다. 골수나 지방 등에서 얻을 수 있기 때문에 의학적으로도 안전할 뿐만 아니라 면역 거부 반응도 없다. 장기 재생을 위해 몸속에 이식해도 문제가 없으며, 신체 조직에 어떤 손상이 발생하면 다른 장기에 있던 줄기세포가 몰려와서 손상된 조직으로 변하는 분화의 유연성이 있다.

(2) **배아 줄기세포** 정자와 난자가 결합하여 생성된 수정란(배아)에서 유래한다. 일반 세포와는 다르게 몸을 구성하는 모든 종류의 세포로 분화할 수 있는 특성을 갖고 있어 특별한 조건에서 배양한다면 무한대로 세포 증식이 가능하다. 수정란을 만들어 이용해야 하기 때문에 윤리적인 문제에서 자유롭지 못하다.

(3) **역분화 유도 만능 줄기세포** 체세포에 역분화 유전자를 넣어 분화하기 전인 줄기세포 상태로 되돌린 것을 말한다. 생식 세포를 쓰지 않아 윤리적인 문제에서 비교적 자유롭다.

# 2-1 호흡 기관과 호흡 운동의 원리

## | 학습 내용 안내 |

(1) 몸을 움직이는 운동을 할 때 숨이 차는 것은 호흡 운동과 관련이 있음을 이해한다.
(2) 호흡 기관은 어떤 구조로 구성되어 있으며, 각각 어떤 기능을 하는지 이해한다.
(3) 폐 모형을 통해 호흡 운동의 원리를 이해한다.
(4) 들숨과 날숨이 일어날 때 갈비뼈와 횡격막의 움직임, 흉강과 폐의 압력과 부피 변화를 이해한다.

## | 학습 전개 |

호흡 운동을 하는 이유를 생각하게 하고, 호흡 기관의 구조와 기능을 이해하게 한다.



폐 모형을 제작하게 하고, 병 속의 부피와 압력 변화를 설명하게 한다.



들숨과 날숨이 일어날 때의 횡격막과 갈비뼈의 변화 및 흉강의 부피와 압력 변화를 설명하게 한다.


찾아보기

- 국가 암 정보 센터 http://www.cancer.go.kr
- 질병 관리 본부 http://www.cdc.go.kr
- 인체(2010), 스티브 파커 외 1저, 박경환 외 4역, 사이언스북스


## | 관련 지식 |

### ❀ 기침과 가래

기관과 기관지 내벽의 상피 세포는 섬모와 점액으로 덮여 있어 폐로 들어오는 공기 중의 이물질을 걸러 낸다. 기침과 가래는 걸러진 이물질을 기관 및 기관지에서 배출하는 수단이다.



# 2-1 호흡 기관과 호흡 운동의 원리

학습 목표
- 호흡 기관의 구조와 기능을 설명할 수 있다.

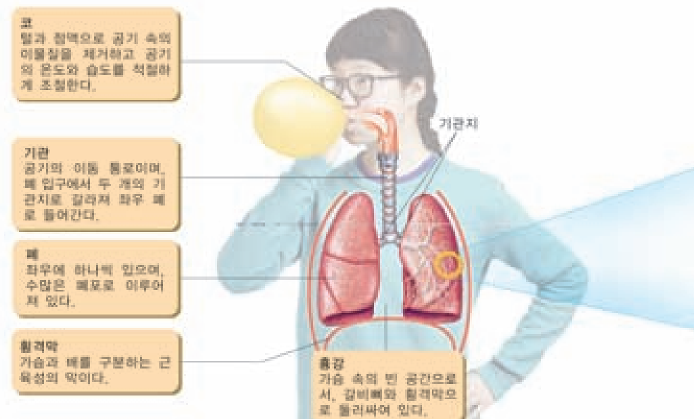
동규는 시험공부 때문에 며칠 동안 책상 앞에만 앉아 있다가 굳어진 몸을 풀기 위해 가까운 공원으로 향하였다.

"어, 공원에 언제 이런 운동 기구들이 생겼지? 사람들이 꽤 열심히 운동을 하고 있네. 어디 나도 오랜만에 몸 좀 풀어 볼까?"

동규는 여러 가지 기구를 이용하여 운동을 하였다. 그런데 얼마 지나지 않아 온몸에서 땀이 나고 숨이 찼다. 왜 운동을 하면 땀이 나고 숨이 차는 것일까?

---

달리기나 줄넘기와 같이 몸을 움직이는 운동을 하면 숨이 찬다. 또한 수영을 할 때 숨을 참으면 1분도 지나지 않아 곧바로 숨을 몰아쉬게 된다. 이와 같은 현상은 호흡 운동과 관련이 있다. 호흡 운동을 통해 숨을 들이마시는 들숨과 숨을 내쉬는 날숨이 가능해진다. 우리는 호흡 운동을 통해 산소가 많은 신선한 공기를 얻고, 이산화 탄소가 많은 공기를 내보낸다. 호흡 기관에는 어떤 것이 있으며, 호흡 운동은 어떻게 일어나는 것일까?




❶ 그림 Ⅱ-46 사람의 호흡 기관

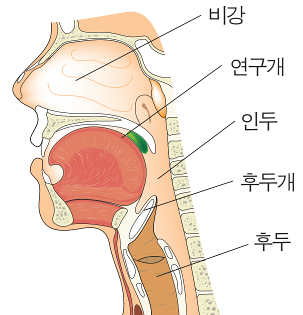


## 과학 돋보기

### ❀ 사람의 호흡 기관

(1) **코** 우리가 들이마신 공기는 먼저 콧속의 비강을 지나 들어오는데, 비강을 지나는 동안 차고 건조한 공기는 적당히 데워지고 습해진 상태가 된다. 또 콧속의 털은 공기 중에 포함된 커다란 먼지가 들어오지 못하도록 차단한다. 그리고 콧속 점막은 끈끈한 점액으로 덮인 섬모 상피 세포로 되어 있어 먼지나 세균, 이물질 등의 출입을 차단하는 역할을 한다. 즉, 코는 들어오는 공기의 온도와 습도를 높여 주고 먼지나 세균, 이물질 등의 출입을 차단하는 기능을 한다.

(2) **인두와 후두** 콧속의 비강을 통과한 공기는 인두와 후두를 거쳐 기관으로 전해진다. 인두에는 연구개가, 후두에는 후두개가 있어 음식을 먹을 때에는 연구개가 비강을 닫고 후두개가 후두를 덮어 음식물이 식도로만 내려가도록 하고, 호흡을 할 때에는 연구개와 후두개가 열려 비강을 통과한 공기가 기관으로 들어가도록 한다.




❷ 사람의 호흡 기관

**호흡 기관**

사람의 호흡 기관은 코, 기관, 기관지, 폐로 이루어져 있다. 우리가 들이마신 공기는 입과 코로 들어와 기관을 지나 기관지를 거쳐서 폐로 들어간다.

공기의 출입구 역할을 하는 코는 그 속에 많은 털과 점액이 있어서 공기 속의 먼지와 세균 등을 걸러 낸다. 기관은 목구멍에서 폐까지 이어진 공기 통로로서, 가슴 부분에서 두 개의 기관지로 갈라져 양쪽 폐로 들어가 더욱 가느다란 세기관지로 나누어진다. 기관의 상피 세포는 섬모를 가지고 있고 점액을 분비한다. 기관의 섬모와 점액은 코에서 걸러지지 않은 미세한 공기 속의 이물질을 제거한다.

세기관지 끝에는 포도송이 모양의 폐포가 있다. 폐포는 한 층의 세포로 이루어진 얇은 공기주머니로서, 바깥쪽은 그물 모양의 모세 혈관으로 둘러싸여 있다. 폐로 들어온 공기 중의 산소는 폐포에서 모세 혈관으로 이동한다.

비슷한 크기의 포도송이와 사과에서 나온 껍질의 넓이를 비교해 보면 포도송이에서 나온 껍질의 넓이가 더 넓다. 이처럼 폐포는 표면적이 매우 넓어 공기 중의 산소를 효과적으로 얻을 수 있다.

3~4억 개의 폐포로 구성된 폐는 좌우에 한 쌍이 있으며, 갈비뼈와 횡격막으로 둘러싸여 있다.

기관의 안쪽 벽



기관과 기관지의 안쪽 벽에는 섬모가 많이 나 있어 먼지 등의 이물질을 걸러 낸다. 걸러진 이물질은 점액에 섞여 섬모 운동에 의해 목구멍 쪽으로 밀려 올라가 몸 밖으로 배출되는데, 이것이 가래이다.

잠깐 체크 기관지의 점액을 입쪽으로 밀어 올리는 역할을 하는 것은 무엇인가?

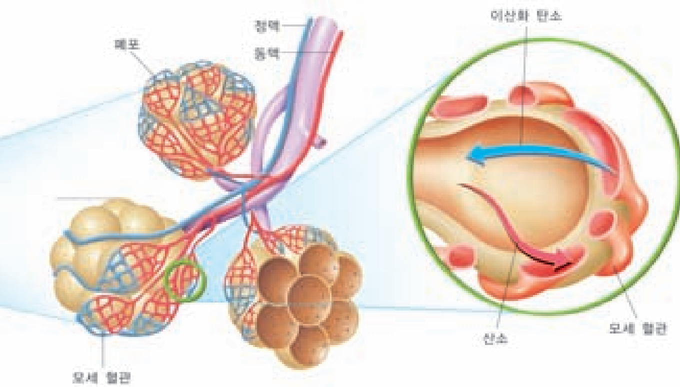



그림 Ⅳ-47 폐포의 구조_ 포도송이 모양의 폐포는 한 층의 세포로 이루어진 얇은 공기주머니이다.

2. 호흡과 배설 227

**잠깐 체크**

섬모

## | 관련 지식 |

### ❀ 사레

음식을 먹을 때 가끔 사레가 들려 기침을 하는 경우가 있는데, 이는 음식물을 잘못 삼켜 공기의 통로인 기관을 막게 되었을 때 반사적으로 기침이 나와 기관으로 들어가려던 음식물을 밖으로 내보내기 위한 것이다.

### ❀ 흡연자의 기관

담배 연기에 의해 기관의 상피 세포에 있는 섬모가 상하거나 그 수가 감소하여 미세한 먼지를 제거하는 능력이 떨어진다.

(3) **기관, 기관지 및 세기관지** 공기는 후두를 통과하여 기관으로 들어오는데, 기관은 지름이 2.5 cm, 길이가 12 cm 정도의 관이며, 그 점막은 비강에서와 마찬가지로 끈끈한 점액으로 덮인 섬모 상피 세포로 이루어져 있다. 따라서 공기 속에 든 먼지나 세균 및 이물질은 기관을 통과하면서 다시 한 번 걸러지고, 온도와 습도가 적당하게 조절된다. 기관은 좌우 기관지로 갈라지고, 기관지는 다시 나뭇가지 모양의 무수히 많은 세기관지로 갈라져 그 끝이 폐포와 연결된다. 기관지의 점막도 끈끈한 점액으로 덮인 섬모 상피 세포로 이루어져 있어 이물질을 제거한다.

(4) **폐** 사람의 폐는 좌우 한 쌍으로, 오른쪽 폐는 세 개, 왼쪽 폐는 두 개의 폐엽으로 되어 있다. 폐는 지름이 0.1 ~0.2 mm 정도인 폐포가 3~4억 개 정도로 이루어져 있어서 공기와 접하는 면적이 체표 면적의 25~50배 정도인데, 성인 남자의 경우에는 무려 100 $m^2$ 정도된다. 폐포의 표면에는 모세 혈관이 조밀하게 분포하고 있어서 폐포 속의 공기와 모세 혈관 속의 혈액 사이에서 산소와 이산화 탄소의 교환이 일어난다. 한편, 폐는 가슴막과 횡격막으로 이루어진 흉강 속에 들어 있으며, 척추에서 뻗어나온 갈비뼈에 의해 외부 충격으로부터 보호를 받는다.

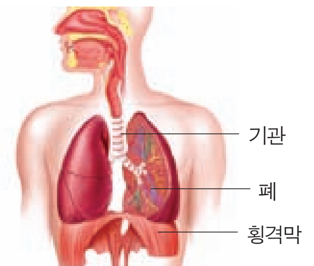
**참고 자료** 동물의 호흡 기관의 종류

(1) **피부** 아메바, 짚신벌레 같은 단세포 생물이나 플라나리아, 지렁이와 같은 동물들은 특별한 호흡 기관이 발달되어 있지 않고 몸의 표면에서 직접 기체를 교환한다.

(2) **기관** 곤충류, 다지류와 같은 절지동물들은 가슴과 배에 있는 기문을 통하여 기체 교환을 한다.

(3) **아가미** 연체동물, 절지동물의 갑각류, 어류, 올챙이는 물속에 녹아 있는 산소를 아가미를 통해 받아들인다.

(4) **폐** 파충류, 조류, 포유류의 호흡 기관으로서, 호흡 기관 중 가장 발달된 구조를 하고 있다.




사람의 호흡 기관

## 효과적인 운영을 위한 Tip

1 폐 모형을 만들 때 필요한 준비물들이 실제 호흡 기관에서 어떤 것에 해당하는지 미리 생각해 보고 말하게 한다.
2 풍선을 위로 밀어 올리거나 밀어 올렸던 풍선을 놓았을 때 페트병 속의 작은 고무풍선이 어떻게 변하는지 관찰하게 한다.
3 작은 고무풍선의 크기 변화가 일어나는 이유를 호흡 운동의 원리와 연관지어 생각해 보게 한다.

## | 관련 지식 |

### ❀ 횡격막

인대와 근육으로 구성되어 있는 횡격막은 그릇을 엎어 놓은 모양으로 생겼다. 가슴의 명치 부분 정도에 배 근육과 갈비뼈 그리고 등 근육 등에 붙어 있으며, 몸체를 가슴과 배로 나누어 주는 아주 중요한 기관이다. 1차로 호흡에 관여하고 있는 기관이며 우리가 직립 보행을 해도 심장과 폐가 밑으로 떨어지지 않게 해 주는 역할도 한다.

### ❀ 늑간근

두 갈비뼈 사이를 연결하는 근육으로, 외늑간근과 내늑간근의 두 종류가 있다. 이들 두 늑간근이 교대로 수축하고 이완할 때 갈비뼈가 올라가고 내려간다. 일반적으로 말하는 늑간근은 외늑간근을 의미한다.

### ❀ 천식

기관지나 세기관지가 부어오르고, 폐에서 분비물이 증가하며 기관지나 세기관지가 경련을 일으키고, 기도의 과민 반응에 의해 발작적으로 일어나는 호흡 곤란 증세를 천식이라고 한다. 천식은 호흡기 알레르기 질환 가운데 가장 통증이 심하고, 심하면 목숨까지 잃을 수 있는 병이다. 주로 꽃가루, 먼지, 동물의 털, 곰팡이 등과 같은 알레르기 원인 물질이나 폐나 기관지의 염증 등의 원인으로 일어난다.

**호흡 운동의 원리**

심장은 근육 운동을 통해 혈액을 온몸으로 내보낼 수 있다. 그러나 폐에는 근육이 없어 스스로 호흡 운동을 할 수 없다. 우리 몸은 횡격막과 갈비뼈의 움직임으로 생기는 압력 변화에 의해 호흡 운동을 한다. 이러한 호흡 운동의 원리에 대하여 알아보자.

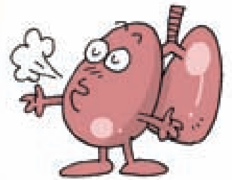
**해 보기** 폐 모형 — 만들기

**|준비물|**
투명한 페트병, Y자관, 큰 고무풍선 1개, 작은 고무풍선 2개, 구멍 뚫린 고무마개, 가위, 칼, 테이프

**|과정|**
❶ 반으로 자른 투명한 페트병을 준비한다.
❷ Y자관 양쪽에 작은 고무풍선을 끼운다.
❸ Y자관을 페트병 입구의 고무마개 구멍에 끼운다.
❹ 큰 고무풍선의 둥근 부분을 잘라 내고 입구를 묶은 다음 페트병 아랫부분에 씌운다.
❺ 큰 고무풍선이 빠지지 않도록 테이프를 이용하여 단단히 고정시킨다.
❻ 모형 아래쪽에 있는 풍선을 위로 밀어 올렸다가 놓기를 반복한다.

**|해석|**
과정 ❻에서 페트병 속의 부피와 압력은 어떻게 변하는지 정리해 보자.


풍선을 위로 밀어 올린다. 밀어 올렸던 풍선을 놓는다.



| 구분 | 페트병 속의 고무풍선의 부피 변화 | 압력 크기 비교 |
|---|---|---|
| 풍선을 위로 밀어 올렸을 때 | | 페트병 내부 ○ 페트병 외부 |
| 밀어 올렸던 풍선을 놓았을 때 | | 페트병 내부 ○ 페트병 외부 |

228 Ⅴ. 소화·순환·호흡·배설

**해 보기** 만들기

**|해석|**

| 구분 | 페트병 속의 고무풍선의 부피 변화 | 압력 크기 비교 |
|---|---|---|
| 풍선을 위로 밀어 올렸을 때 | 부피가 감소한다. | 페트병 내부 (>) 페트병 외부 |
| 밀어 올렸던 풍선을 놓았을 때 | 부피가 증가한다. | 페트병 내부 (<) 페트병 외부 |





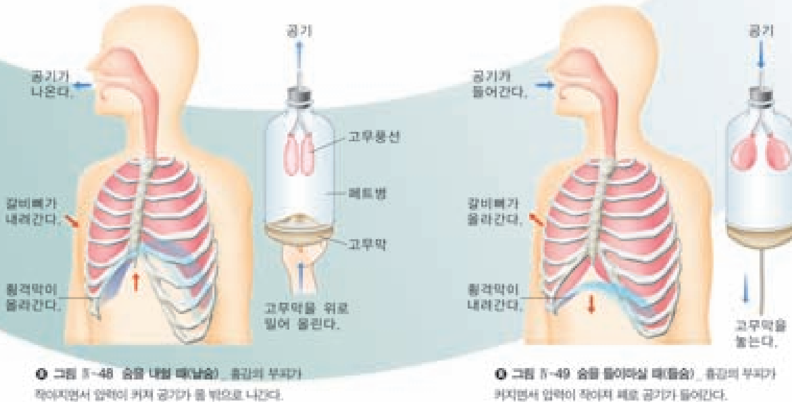

### ❀ 들숨과 날숨 시 호흡 기관의 변화

| 구분 | 들숨 | 날숨 | 구분 | 들숨 | 날숨 |
|---|---|---|---|---|---|
| 외늑간근 | 수축 | 이완 | 흉강 부피 | 증가 | 감소 |
| 내늑간근 | 이완 | 수축 | 흉강 내 압력 | 감소 | 증가 |
| 갈비뼈 | 상승 | 하강 | 폐의 부피 | 팽창 | 수축 |
| 횡격막 | 하강 | 상승 | 폐의 압력 | 대기압보다 낮음 | 대기압보다 높음 |

흉강은 위로는 어깨뼈, 옆으로는 갈비뼈, 아래로는 횡격막이라는 근육으로 둘러싸인 공간을 말하며 그 안에 폐가 위치하고 있다. 따라서 폐로 공기가 드나드는 것은 갈비뼈와 횡격막의 움직임에 의해 일어난다.

폐 모형에서 고무막을 위로 밀어 올리면 안에 있는 작은 풍선이 쪼그라드는데, 이것은 날숨과 같다. 실제로 숨을 내쉴 때에는 갈비뼈 사이의 근육에 의해 갈비뼈가 내려가고 횡격막이 올라가 흉강이 좁아진다. 그 결과 흉강의 압력이 높아져 폐에서 몸 밖으로 공기가 밀려나간다. 반대로 밀어 올렸던 고무막에서 손을 떼면 안에 있는 작은 풍선이 부풀어 오르는 것을 볼 수 있는데, 이것은 들숨과 같다. 실제로 숨을 들이마실 때에는 갈비뼈 사이의 근육에 의해 갈비뼈가 올라가고 횡격막이 내려가 흉강이 넓어진다. 그 결과 흉강의 부피가 증가하면서 압력이 낮아져서 폐 속으로 공기가 들어온다.

이처럼 사람의 호흡 운동으로 폐의 압력과 대기압의 차이가 발생하면서 날숨과 들숨이 반복된다. 일반적으로 성인은 1분 동안 약 18회의 호흡 운동을 하며, 매번 약 500 mL의 공기를 들이마시고 내보낸다.




❶ 그림 Ⅳ-48 숨을 내쉴 때(날숨) _ 흉강의 부피가 작아지면서 압력이 커져 공기가 몸 밖으로 나간다.

❷ 그림 Ⅳ-49 숨을 들이마실 때(들숨) _ 흉강의 부피가 커지면서 압력이 작아져 폐로 공기가 들어간다.

**자기 주도 학습**

**개념 확인하기**

❶ 공기가 폐로 들어오는 경로를 써 보자.

❷ 폐가 수많은 폐포로 구성되어 있어 유리한 점은 무엇인가?

**과학과 건강 연관 짓기**

우리가 호흡을 할 때 입으로 숨을 쉬는 것과 코로 숨을 쉬는 것 중 어느 것이 건강에 더 좋은지 조사해 보자.

2. 호흡과 배설 229

## 자 · 기 · 주 · 도 · 학 · 습

▶ 개념 확인하기

❶ 코 → 기관 → 기관지 → 폐

❷ 표면적이 매우 넓어져서 공기 중의 산소를 효과적으로 흡수할 수 있다.

▶ 과학과 건강 연관 짓기

입으로 숨을 쉬는 것보다 코로 숨을 쉬는 것이 건강에 더 좋다. 코는 공기의 출입구 역할을 하며, 콧속에 많은 털과 점액이 있어 공기 속의 먼지와 세균 등을 걸러 낼 수 있기 때문이다.




### ❀ 구강 호흡

코가 아닌 입으로 호흡하면 뇌에 대한 산소 공급 부족, 호흡기 질환, 얼굴 모양 변형, 충치 증가 등이 초래될 수 있다. 코 점막에는 호흡에 필요한 상피 세포가 분포하고 있어 흡입한 공기가 원활하게 폐로 들어가지만, 입에는 이런 조직이 없어서 공기를 폐로 보내는 작용이 효율적으로 이루어지지 않아 폐에서 흡수되어 혈액을 따라 온몸에 공급되는 산소의 양이 적다. 또한 코에는 호흡할 때 공기 속 이물질을 걸러 주는 섬모와 점막 조직 등이 발달되어 있지만 입에는 이런 장치가 없어 공기 중 이물질이나 세균 등이 몸속에 들어오기 쉽다.

### ❀ 폐활량

사람이 최대한 들이마셨다가 내쉴 수 있는 공기의 양으로서, 성인 남자의 경우 약 3.5 L, 성인 여자의 경우 약 2.5 L이다. 한편, 숨을 내쉬어도 폐에는 약 1.5 L의 공기(최대로 배출할 때에는 약 0.5 L)가 남아 있는데, 이를 잔류 공기라고 한다. 따라서 최대한 공기를 들이마셨을 때 폐 속의 공기의 양은 폐활량에 잔류 공기를 합한 양이 된다. 폐활량은 폐의 크기에 좌우된다. 따라서 폐활량은 운동 여부보다는 키와 몸집의 영향을 더 많이 받는다. 하지만 운동을 열심히 하면 산소와 이산화 탄소의 교환과 근육에서 산소가 소모되는 효율을 높일 수 있다.

### ❀ 호흡 운동

숨을 들이마실 때에는 갈비뼈와 횡격막의 상하 운동에 의해 흉강의 부피가 증가하면 폐의 부피가 증가하면서 폐 속의 공기압이 대기압보다 낮아지게 되어 외부 공기가 들어오게 된다. 반대로 숨을 내쉴 때에는 흉강의 부피가 감소하면서 폐 속의 공기압이 대기압보다 높아지게 되어 폐 속의 공기가 밖으로 밀려 나가게 된다.

### ❀ 호흡 운동의 조절

일반적으로 성인은 1분에 18회 정도의 호흡 운동을 한다. 이러한 호흡 운동의 속도는 자신의 의지로 조절할 수도 있지만 연수에 의해 자율적으로 조절된다. 연수의 호흡 중추를 자극하는 주요인은 혈액 중 이산화 탄소의 농도이지만, 격렬한 분노나 슬픔 등의 정신적인 충격도 호흡 중추를 자극하는 요인이 된다. 혈액 속의 이산화 탄소 농도가 증가하면 이것이 연수로 전달되어 교감 신경을 통해 호흡 운동을 촉진시키고, 혈액 속의 이산화 탄소 농도가 감소하면 연수를 거쳐 부교감 신경을 통해 호흡 운동을 억제시킨다.

> 혈중 $CO_2$ 농도 증가: 연수 → 교감 신경 흥분 → 아드레날린 분비 → 호흡 운동 촉진
> 혈중 $CO_2$ 농도 감소: 연수 → 부교감 신경 흥분 → 아세틸콜린 분비 → 호흡 운동 억제

# 2-2 호흡과 에너지

## 학습 내용 안내

(1) 외호흡, 내호흡, 세포 호흡의 의미와 차이점을 정확히 이해한다.
(2) 폐와 조직에서 일어나는 기체 교환은 확산에 의해 일어남을 이해한다.
(3) 세포 호흡으로 얻은 에너지는 다양한 생명 활동에 이용됨을 이해한다.

## 학습 전개

MBL 장치를 이용하여 들숨과 날숨에 포함된 이산화 탄소의 농도를 비교하게 한다.

↓

외호흡, 내호흡, 세포 호흡의 차이점을 구별할 수 있게 하고, 기체 교환이 일어나는 원리를 설명하게 한다.

↓

세포 호흡을 통해 에너지가 생성되며, 이 에너지를 이용하여 다양한 생명 활동이 이루어짐을 설명하게 한다.

### 찾아보기

- 인체(2010), 스티브 파커 외 1저, 박경환 외 4역, 사이언스북스
- 제주 해녀 박물관
  http://www.haenyeo.go.kr



### 폐포의 팽창 유지

폐포의 지름은 완전히 팽창되었을 때 약 0.2 mm이다. 폐포는 안쪽 면의 액체층으로 인해 강력한 표면 장력이 발생하여 오그라들기 쉽다. 그러나 세제와 비슷한 계면 활성제라는 물질이 분비되어 폐포가 오그라들지 않고 유지된다. 계면 활성제는 폐포에 있는 세포에 의해 만들어지며, 주성분은 콜레스테롤, 인지질, 단백질 등이다.



## 2-2 호흡과 에너지



**학습 목표**
- 외호흡과 내호흡에서 기체 교환의 원리를 설명할 수 있다.
- 세포에서 산소를 이용하여 에너지를 얻는 과정을 설명할 수 있다.

우리가 들이마시는 공기에는 질소가 78 %, 산소가 21 %, 이산화 탄소가 0.03 % 정도 들어 있다. 반면, 내보내는 공기에는 질소가 78 %, 산소가 16 %, 이산화 탄소가 4 % 정도 들어 있다. 이와 같이 들숨과 날숨의 기체 성분이 다른 이유는 무엇일까?

폐 속으로 들어온 공기는 폐포에서 혈액과 만나 산소와 이산화 탄소를 서로 주고받는데, 이를 **기체 교환**이라고 한다. 폐포와 모세 혈관은 모두 한 겹의 세포층으로 이루어져 있어 산소와 이산화 탄소가 쉽게 통과한다.




그림 Ⅱ-50 날숨과 들숨의 기체 성분





### 과학 돋보기

#### 기체 교환의 원리

(1) **분압** 혼합 기체에서 한 기체가 차지하는 압력으로서, 해당 기체의 양이 많을수록 분압이 높다.
(2) **확산** 기체의 경우 기체 분자가 분압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하는 현상을 말한다.

#### 외호흡과 내호흡

(1) **외호흡** 폐포와 모세 혈관 사이의 기체 교환

| 기체 | 분압 크기 | 확산 방향 |
|---|---|---|
| $O_2$ | 폐포 > 모세 혈관 | 폐포 → 모세 혈관 |
| $CO_2$ | 폐포 < 모세 혈관 | 모세 혈관 → 폐포 |

(2) **내호흡** 모세 혈관과 조직 세포 사이의 기체 교환

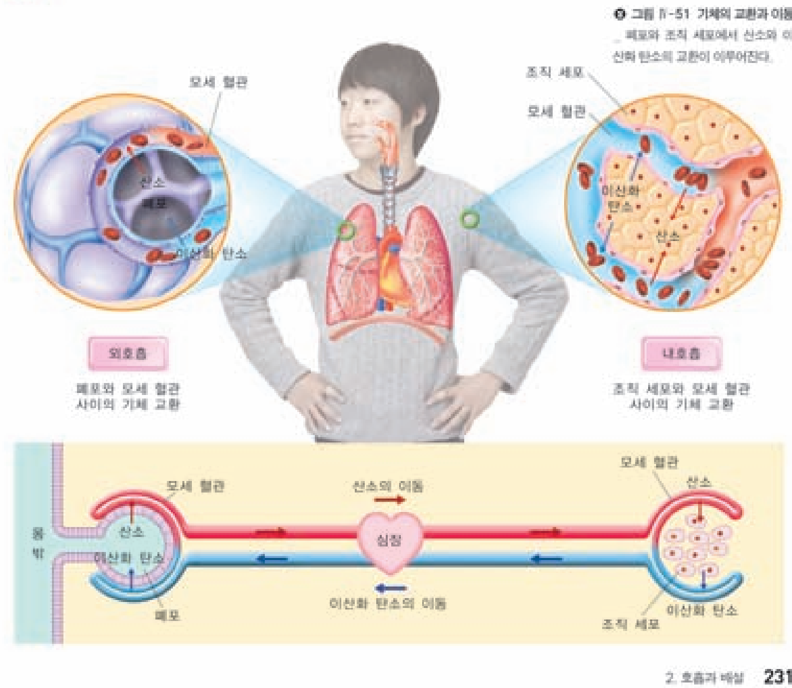
| 기체 | 분압 크기 | 확산 방향 |
|---|---|---|
| $O_2$ | 모세 혈관 > 조직 세포 | 모세 혈관 → 조직 세포 |
| $CO_2$ | 모세 혈관 < 조직 세포 | 조직 세포 → 모세 혈관 |

산소는 폐포에서 모세 혈관으로 들어가고, 반대로 이산화 탄소는 모세 혈관에서 폐포로 나온다. 이와 같이 폐포와 모세 혈관 사이에서 일어나는 기체 교환을 **외호흡**이라고 한다. 외호흡을 통해 폐포로 나온 이산화 탄소는 날숨을 통해 몸 밖으로 나간다.

폐에서 외호흡을 거쳐 산소를 공급받은 혈액은 조직 세포에 산소를 공급해 주고, 조직 세포로부터 이산화 탄소를 받는다. 이처럼 조직 세포와 모세 혈관 사이에서 일어나는 기체 교환을 **내호흡**이라고 한다. 우리 몸의 조직 세포는 외호흡과 내호흡을 통해 산소를 공급받고, 이산화 탄소를 몸 밖으로 내보낸다. 또 세포 내에서 산소를 이용하여 영양소를 분해하는데, 이 과정을 **세포 호흡**이라고 한다.

외호흡과 내호흡은 산소를 공급하고 이산화 탄소를 배출하기 위해 일어나는 가스 교환 과정이며, 에너지의 생성은 세포 속에서 세포 호흡에 의해 일어난다.

잠깐 체크 외호흡과 내호흡의 차이는 무엇인가?




## 잠깐 체크

외호흡은 폐포와 모세 혈관 사이에서 일어나는 기체 교환이고, 내호흡은 조직 세포와 모세 혈관 사이에서 일어나는 기체 교환이다.

## 관련 지식

### ❀ 일산화 탄소(CO) 중독

무색, 무취의 기체로서, 헤모글로빈에 대한 결합력이 산소보다 230배 이상 강한 일산화 탄소는 공기 중에 조금만 포함되어 있어도 중독 현상이 발생한다.

일단 일산화 탄소와 결합한 헤모글로빈은 산소와 결합하기 어려우므로 일산화 탄소에 중독된 사람은 심각한 저산소증에 빠지게 된다. 일산화 탄소에 중독되면 초기에는 경미한 두통 증세만 나타나지만, 정도가 심해지면 혼수 상태에 빠지고 더 심하면 생명까지 잃을 수 있다.



**일산화 탄소**_ 연탄의 연소 가스나 자동차의 배기 가스, 담배 연기에 많이 포함되어 있으며, 큰 산불이 일어날 때에도 주위에 산소가 부족하여 많은 양의 일산화 탄소가 발생되기도 한다.

### ❀ 세포 호흡

세포 내에서 산소를 이용하여 영양소를 분해하고 에너지를 합성하는 과정이다. 따라서 생활에 필요한 에너지를 합성하기 위해서는 산소가 지속적으로 공급되어야 한다.

### ❀ 산소의 운반

(1) **적혈구의 헤모글로빈** 폐에서 혈액으로 확산되어 들어온 산소는 대부분 적혈구 속의 헤모글로빈(Hb)에 결합되어 운반되며 극히 일부만 혈장에 녹는다. 산소가 조직으로 많이 공급되려면 헤모글로빈과 결합하고 있던 산소가 많이 해리되어야 한다. 헤모글로빈의 산소 해리도는 산소 분압이 낮을수록, 이산화 탄소 분압이 높을수록, pH가 낮을수록, 온도가 높을수록 증가하는데, 이것을 보어 효과라고 한다.

(2) **혈장과 혈액에서의 산소 용해도 차이**

① 혈장 100 mL에 산소 100 mL를 주입하면 0.3 mL 정도만 용해되지만, 혈액 100 mL에 산소 100 mL를 주입하면 20 mL 정도가 용해된다.

② 혈장과 혈액에서 산소의 용해도 차이가 나는 것은 산소가 적혈구 속에 들어 있는 혈색소인 헤모글로빈과 결합하여 운반되기 때문이다.

**참고 자료** 산소 없이 호흡하는 생물이 있을까?

호흡은 생물이 물질을 산화하여 신체에 필요한 에너지를 얻는 과정이다. 동물은 폐에서 흡수한 산소를 혈액의 헤모글로빈에 붙여 온몸의 세포로 전달한다. 식물은 잎에서 기공을 통해 흡수한 산소를 세포에 전달한다.

한편, 미생물 중에는 산소 없이 호흡할 수 있는 것이 있는데, 이를 무기 호흡이라고 한다. 김치를 만드는 젖산균이 대표적인 무산소균이다.

## 탐구 활동 실험

### 목표

들숨과 날숨 속의 이산화 탄소량을 측정할 수 있다.

### 원리 설명

세포 호흡 과정에서 방출된 이산화 탄소는 혈액에 의해 운반되어 폐포로 이동한다. 그 결과 날숨 속에는 들숨에 비해 이산화 탄소의 양이 증가하게 된다. 또 운동을 하면 세포 호흡이 촉진되므로 혈액 속 이산화 탄소의 농도가 더 높아진다. 그러므로 운동을 한 후에는 평상시보다 날숨 속에 포함된 이산화 탄소의 농도가 더 높아지게 된다.

### 유의점

1 정확한 실험 결과를 얻기 위해서 실험이 진행될 때마다 비닐봉지 속의 공기를 모두 빼고 새로운 실험을 시작한다.

2 날숨을 불어넣을 때에는 입 주변을 비닐봉지의 입구로 잘 감싸고 숨을 불어넣는다.

**효과적인 운영을 위한 Tip**

MBL 장치를 통해 얻어진 자료를 비교하여 평상시와 운동을 한 후의 이산화 탄소량의 변화를 비교해 보게 하고, 그렇게 차이가 나는 이유가 무엇인지 발표해 볼 수 있도록 하여 창의 · 인성을 기를 수 있도록 지도한다.

### 결과

| 구분 | 대기 중 이산화 탄소량(%) | 날숨 속 이산화 탄소량(%) | 이산화 탄소의 변화량(%) |
|---|---|---|---|
| 평상시 | 0.03 | 4 | 3.97 |
| 운동을 한 후 | | 6 | 5.97 |

### 해석 | 창의 · 인성

조직 세포에서 산소를 이용하여 세포 호흡을 하고 이산화 탄소를 방출하기 때문에 들숨과 날숨의 공기 조성이 다르다.

**탐구 활동** 들숨과 날숨의 이산화 탄소 농도 비교

목 · 표

들숨과 날숨 속의 이산화 탄소량을 측정할 수 있다.

준 · 비 · 물

MBL 인터페이스, 통신 케이블, 센서 케이블, 이산화 탄소 센서, 컴퓨터, 비닐봉지, 고무줄, 가위, 스탠드, 부채

유 · 의 · 점

1. 비닐봉지 안의 공기가 외부로 빠져나가지 않도록 주위를 밀폐해야 더 정확한 실험 결과를 얻을 수 있다.
2. 날숨을 불어넣을 때에는 입 주변을 비닐봉지의 입구로 잘 감싼 상태에서 숨을 불어넣는다.

과정

**가. 이산화 탄소량 측정 장치 만들기**

❶ 비닐봉지의 막힌 부분 중앙을 가위로 2 cm 정도 자른다.
❷ 이산화 탄소 센서를 비닐봉지에 넣어 구멍 바깥으로 감지 구멍만 나오게 한 다음 고무줄로 입구 부분을 잘 묶는다.
❸ 비닐봉지를 뒤집어 이산화 탄소 센서의 감지 구멍만 비닐봉지 안으로 들어가게 하고, 비닐봉지 속의 공기는 빼 준다.
❹ 이산화 탄소 센서를 스탠드에 고정시킨다.



**나. 컴퓨터 접속 장치 준비하기**

❶ 컴퓨터에 MBL 인터페이스 장치를 연결하고, 이산화 탄소 센서를 MBL 인터페이스 장치에 연결한다.
❷ 측정 간격을 2초, 실험 시간을 90초로 설정한다.

**다. 자료 수집하기**

〈실험 1〉 대기 중의 이산화 탄소량 측정

❶ 비닐봉지의 입구를 열고 부채질을 하여 대기 중의 공기를 비닐봉지에 충분히 담는다.
❷ [실험 시작] 버튼을 눌러 이산화 탄소 센서를 작동시킨다.
❸ 자료 수집이 끝나면 비닐봉지 속의 공기를 빼 준다.




232 Ⅱ. 소화 · 순환 · 호흡 · 배설

### 평가 기준표

| | 평가 문항 | 점수(✓) 상 | 중 | 하 |
|---|---|---|---|---|
| 과정 | 1. 이산화 탄소의 감지 구멍만 비닐봉지 안으로 들어가게 하여 이산화 탄소량 측정 장치를 만드는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 이산화 탄소 센서를 스탠드에 고정시키고, MBL 인터페이스 장치에 연결하는가? | □ | □ | □ |
| | 3. 컴퓨터에 MBL 인터페이스 장치를 연결하고 프로그램을 실행시키는가? | □ | □ | □ |
| 결과 및 해석 | 1. 비닐봉지 속으로 숨을 충분히 불어 넣고 평상시의 날숨 속 이산화 탄소량을 측정하는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 1분간 제자리 뛰기를 하고 난 후 날숨 속 이산화 탄소량을 측정하는가? | □ | □ | □ |
| | 3. MBL 인터페이스에 나타나는 자료를 수집하여 이산화 탄소량을 비교하는가? | □ | □ | □ |
| | 4. 들숨과 날숨의 공기 조성이 다른 이유에 대해 옳게 설명하는가? | □ | □ | □ |

실험

〈실험 2〉 평상시의 날숨 속 이산화 탄소량 측정

❶ 비닐봉지의 입구 부분을 손으로 감싼 다음 비닐봉지 속으로 숨을 충분히 불어넣는다.

❷ 공기가 새어 나가지 않도록 비닐봉지의 입구를 잘 잡고, [실험 시작] 버튼을 누른다.

❸ 자료 수집이 끝나면 비닐봉지 속의 공기를 빼 준다.

〈실험 3〉 운동을 한 후, 날숨 속 이산화 탄소량 측정

❶ 1분 동안 제자리 뛰기를 한다.

❷ 제자리 뛰기를 멈추고 비닐봉지의 입구 부분을 손으로 감싼 후 비닐봉지 속으로 숨을 충분히 불어넣는다.

❸ 공기가 새어 나가지 않도록 비닐봉지의 입구를 잘 잡고, [실험 시작] 버튼을 누른다.



결과

들숨과 날숨 속의 이산화 탄소량의 변화를 아래 표에 정리해 보자.

| 구분 | 대기 중 (들숨) 이산화 탄소량(%) | 날숨 속 이산화 탄소량(%) | 이산화 탄소의 변화량(%) |
|---|---|---|---|
| 평상시 | | | |
| 운동을 한 후 | | | |

해석 창의 · 인성

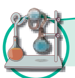
들숨과 날숨의 공기 조성이 다른 이유에 대하여 토의해 보자.

2. 호흡과 배설 233

## 참고 자료 코르셋과 호흡

코르셋은 가는 허리를 강조하기 위해 가슴 아래부터 허리 부분까지를 졸라매어 입었던 속옷이다.

고대 크레타 시대부터 여성들이 신체 곡선을 드러내는 실루엣의 유행으로 입었으나, 코르셋이라는 말은 19세기 후부터 쓰였다. 그러나 중세에는 이처럼 가슴, 허리, 엉덩이의 윤곽을 뚜렷이 드러내는 옷차림 때문에 코르셋으로 허리 부분을 졸라매어 건강에 심각한 위협을 받았다. 외형적 아름다움을 위해 허리를 무리하게 졸라맸던 빅토리아 시대 여성들도 기절하는 일이 잦았다고 한다. 그러면 사람들은 "코르셋 끈을 풀어 줘요!"하고 소리를 질렀고, 코르셋 끈을 풀어 주면 기절한 여성은 공기를 충분히 들이마시고 다시 정신을 되찾곤 하였다.



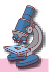
## 학습 자료실

### ❀ 하임리히법

사람의 목구멍에는 기도와 식도가 모두 연결되어 있다. 호흡을 할 때에는 기도가 열리고 음식을 삼킬 때에는 후두개가 후두를 덮어 음식물이 기도로 들어가는 것을 막는다. 그런데 음식을 먹다가 크기가 큰 음식물이 기도로 들어가 기도가 막히면 숨을 쉬지 못하여 몇 분 내에 목숨을 잃을 수도 있다. 이런 경우에는 '복부 밀어 올리기(하임리히법)' 라고 하는 응급 처치법을 실시하여 기도를 막고 있는 물질을 제거할 수 있다. 이 응급 처치의 원리는 횡격막을 주먹으로 밀어 올려 흉강의 압력을 순간적으로 높임으로써 공기가 폐에서 기도로 밀려 나가면서 이물질을 밀어 내도록 하는 것이다.

### ❀ 풍선을 많이 불면 왜 어지러울까?

풍선을 많이 불면 머리가 어지럽다. 풍선을 불 때 폐로 들어오는 들숨보다 몸 밖으로 나가는 날숨의 양이 많기 때문이다. 우리 뇌는 혈액을 통해 산소를 공급받는데, 날숨의 양이 많아지면 혈액 속의 산소가 줄어들게 된다. 그러면 뇌가 산소를 제대로 공급받지 못하여 어지럼증이 생긴다. 이런 상태가 심각해지면 저산소증이 생길 수도 있다. 재채기를 하거나 휘파람을 불 때 머리가 멍해지는 것도 들숨에 비해 날숨의 양이 많아서 생기는 증상이다.

## 과학 돋보기

### ❀ 인간의 잠수 능력

사람은 물속에서 숨을 쉴 수 없기 때문에 사람이 물속에 들어갈 때에는 숨을 참은 채 잠수를 해야 한다. 보통 사람은 물속에서 숨을 참고 1분을 넘기기 어렵지만 해녀들의 경우 최대 20 m까지 잠수하여 2~3분 정도 숨을 참을 수 있다고 한다. 특별한 장비도 없이 바닷속에서 오랜 시간 해산물을 채취하는 해녀들의 잠수 능력은 생리학적 · 의학적 연구 과제로 주목을 받기도 한다.

1995년 쿠바 태생의 피핀은 한 번의 호흡으로 127 m까지 잠수하였고, 이때 소요된 시간은 2분 28초라고 한다. 이론적으로는 사람이 50~60 m 이하로 잠수할 경우 가슴이 찌그러지고 생존하기 힘들지만, 특별한 능력과 훈련을 받은 사람들은 맥박을 1분에 18회까지 떨어뜨리며 아주 깊은 곳까지 잠수할 수 있다는 것이다.




## ❀ 인공 심폐기

심장의 주요 기능은 산소가 많은 신선한 혈액을 몸에 공급하고 혈액 속에 포함된 이산화 탄소를 몸 밖으로 내보내는 일이다. 이때 산소와 이산화 탄소의 교환은 폐에서 이루어진다. 만약 심장이나 폐를 수술한다면 그동안 몸에 필요한 산소는 어떻게 공급해야 될까?

인공 심폐기는 바로 이런 상황에서 필요한 장치이다. 즉, 폐를 대신하여 혈액에 산소를 공급하고 이산화 탄소를 제거하는 목적으로 만들어졌다. 인공 심폐기는 수술 도중 몸의 각 부분에서 돌아오는 정맥혈을 차단하여 심장과 폐로 혈액이 유입되지 않도록 하고, 이 정맥혈을 인공 심폐기로 유입시키게 된다. 그 후 인공 심폐기는 폐 역할을 대신하여 정맥혈에 포함된 이산화 탄소를 제거하고 신선한 산소를 공급하여 동맥혈로 바꿔 준다. 또한 심장 역할을 하는 펌프를 이용하여 일정한 혈압을 만들어 동맥혈을 대동맥으로 직접 연결시켜 동맥혈이 온몸을 순환할 수 있도록 한다.

인공 심폐기의 원리는 인공 콩팥과 비슷하다. 하지만 인공 콩팥의 분리막이 액체 투과형인 데 비해 인공 심폐기의 경우 기체 투과형이라는 점이 다르다. 초기에 인공 심폐기는 수술을 받는 환자에게만 사용되었지만 인공 심폐기의 기술이 점차 발전함에 따라 폐렴과 같이 일시적으로 폐의 기능이 떨어졌을 때에 사용되기도 한다.

## ❀ 고산병

높은 지대에서 저산소 상태에 노출되었을 때 발생하는 환경 증후군을 말한다. 흡입 산소 분압의 저하에 의한 무산소 혈증이 원인으로서, 증상이 심하면 뇌부종이나 폐수종을 일으키기도 한다. 다른 이유로는 혈중 탄산염 저하에 따른 pH 상승을 들 수 있다. 적은 산소로 인해 뇌에서 호흡량을 증가시키라는 명령이 떨어지면 분당 호흡수가 증가하게 된다. 이때 이산화 탄소가 체내에서 많이 빠져나가게 되므로 혈액의 pH가 상승하고 이에 따라 고산병 증상이 생기기도 한다.



**확산** 물이 담긴 비커에 잉크 방울을 떨어뜨리면 그림과 같이 잉크 방울이 점차 퍼져 나가고, 나중에는 물속에서 균일한 농도를 이루게 된다. 이와 같은 현상은 확산에 의해 일어난다.

폐와 조직 세포에서 산소와 이산화 탄소는 서로 반대 방향으로 이동한다. 어떻게 산소와 이산화 탄소가 반대 방향으로 이동할 수 있는 것일까?

향수 냄새나 꽃향기가 멀리 퍼져 나가는 것은 확산에 의한 현상이다. 확산은 농도가 높은 곳에서 농도가 낮은 곳으로 물질이 이동하는 현상이다. 폐와 조직에서 일어나는 기체 교환도 이러한 확산에 의해 일어난다.

온몸을 돌고 폐로 들어오는 혈액은 폐포 안보다 산소가 적고 이산화 탄소는 많다. 따라서 산소는 폐포에서 모세 혈관으로 확산되어 들어가고, 이산화 탄소는 모세 혈관에서 폐포로 확산되어 나간다. 반대로 조직 세포에서는 산소를 소모하고 이산화 탄소가 발생하므로 모세 혈관보다 산소가 적고, 이산화 탄소가 많다. 따라서 산소는 모세 혈관에서 조직 세포로 확산되어 들어가고, 이산화 탄소는 조직 세포에서 모세 혈관으로 확산되어 나온다.

**과학 자료실** 고산 적응

에베레스트와 같은 고산 지대에서는 무엇보다 힘든 것이 산소 부족이다. 고산 지대는 1,800~6,000 m 사이의 높이를 말한다. 해수면 수준의 대기압은 760 mmHg이고, 산소 농도는 20.93 %이다. 이에 비해 높이가 1,800 m인 곳의 대기압은 610 mmHg이고, 산소 농도는 17 % 정도이다. 또한 해발 6,000 m에서 대기압은 354 mmHg이고, 산소 농도는 9.5 % 정도이다. 6,000 m 이상의 높이를 극고도라고 하는데, 이 높이에서는 산소 부족으로 사람이 살 수 없다.

고산 지대 환경에 인체가 적응하지 못해 발생하는 질병이 '고산병'이다. 고산병에 걸리면 머리가 아프고 식욕이 떨어지며 심리적으로 불안정해진다. 이때 산소 마스크를 활용하면 도움이 된다. 전문가들이 높은 산을 올라갈 때 일정한 고도마다 베이스캠프를 설치하는 이유도 고산병을 예방하기 위해서이다. 베이스캠프에 머무는 동안 휴식, 자전거 타기, 걷기, 달리기 등의 단계적인 훈련을 거쳐 고산 지대의 환경에 점차 적응하는 것이다.

고도가 높은 곳에서 며칠간 생활하면 점차 산소가 부족한 환경에 적응하기 위해 몸속에서 여러 가지 반응들이 일어나는데, 이것을 '생리적 순화'라고 한다. 고도가 낮은 곳에 살던 사람이 에베레스트처럼 높은 산을 등반하기 위해서는 반드시 이 과정이 필요하다. 그러나 셰르파와 같이 고도가 높은 곳에 사는 부족들은 생리적 순화를 거치지 않고도 높은 산을 오를 수 있다.







234 Ⅳ. 소화·순환·호흡·배설

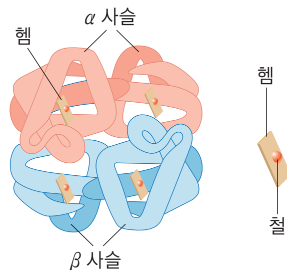



## ❀ 헤모글로빈

(1) 적혈구 속에 든 색소 단백질로서, 네 개의 글로빈 단백질에 각각 한 개씩의 헴(heme) 색소가 결합된 복합 단백질이다.

(2) 헴은 중심에 철(Fe)을 함유한 화합물로서, 이 철이 직접 산소 분자와 결합한다. 따라서 한 분자의 헤모글로빈은 최대 네 분자까지의 산소와 결합할 수 있다.

(3) 헤모글로빈은 산소의 분압이 높은 폐에서는 산소와 쉽게 결합하여 산소 헤모글로빈이 되고, 산소의 분압이 낮은 조직에서는 산소와 쉽게 해리하여 다시 헤모글로빈이 된다. 헤모글로빈의 이런 가역 반응을 통해 헤모글로빈은 폐포의 산소를 조직 세포로 운반한다.




❸ 헤모글로빈의 구조

(4) 헤모글로빈 분자를 이루는 각 단위체에 산소가 결합하면 다른 단위체의 구조까지도 산소에 대한 친화도가 높은 구조로 조금씩 바뀐다. 또한 그 반대로 한 단위체에서 산소가 빠져나가면 나머지 세 개의 구조도 산소에 대한 친화도가 낮은 구조로 바뀌게 된다.

우리가 생명을 유지하고 활동하기 위해서는 끊임없이 에너지가 공급되어야 한다. 우리는 이 에너지를 영양소로부터 얻는다. 영양소로부터 에너지를 얻기 위해서는 무엇이 필요할까?

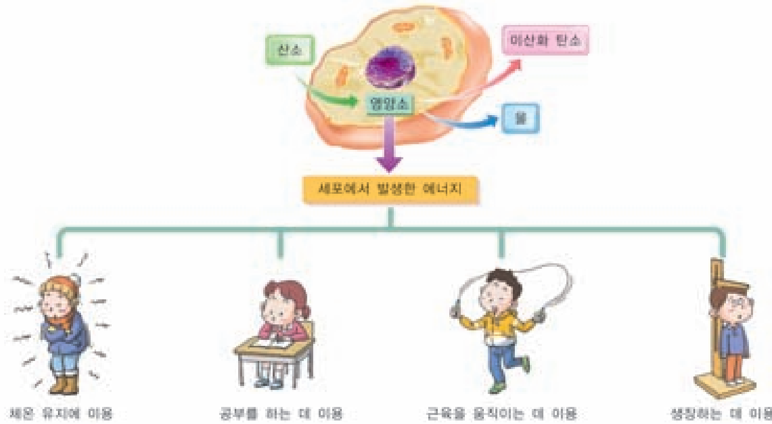
과자를 연소시키면 과자 속 영양소에 들어 있는 에너지가 빛과 열로 나오는데, 이 과정에는 산소가 필요하다. 세포에서도 영양소를 분해하여 그 속에 들어 있는 에너지를 얻으려면 산소가 필요하다. 우리는 호흡 운동을 통해 에너지를 내는 데 필요한 산소를 지속적으로 얻는다.

세포 안에서 산소와 영양소를 이용하여 에너지를 만드는 작용인 세포 호흡은 미토콘드리아에서 일어난다. 세포 호흡에 이용되는 영양소는 탄수화물, 지방, 단백질이다. 세포 호흡을 통해 이런 영양소가 분해되면 에너지가 나오면서 물과 이산화 탄소가 생긴다. 세포 호흡으로 얻은 에너지는 다양한 생명 활동에 이용된다. 에너지는 운동이나 생장, 체온 유지 등에 이용하기도 하지만 우리 몸을 이루는 물질을 합성할 때에도 에너지가 이용된다.

**용어** **연소**
공기 중에서 물질이 빛이나 열을 내면서 빠르게 산소와 결합하는 반응이다.




❶ 그림 Ⅱ-52 과자의 연소. 연소가 일어나기 위해서는 산소가 필요하다.




❶ 그림 Ⅱ-53 에너지의 이용

자기 주도 학습

**개념 확인하기**
호흡을 통해 생성된 에너지는 어떤 생명 활동에 이용되는가?

**과학과 생활 연관 짓기**
달리는 사람과 자동차가 각각 음식물과 연료에서 에너지를 얻는 과정을 비교하여 설명해 보자.

2. 호흡과 배설 235

## 자·기·주·도·학·습

**▶ 개념 확인하기**

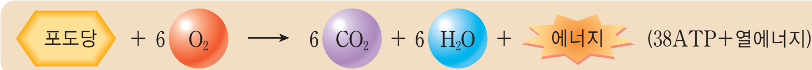
공부와 같은 정신 활동이나 운동, 생장, 체온 유지 등의 다양한 생명 활동에 이용된다.

**▶ 과학과 생활 연관 짓기**

달리는 사람은 조직 세포에서 산소를 이용한 세포 호흡을 통해 영양소를 분해하여 에너지를 얻는다. 달리는 자동차는 연소 기관에서 산소를 이용하여 연료를 산화시켜 에너지를 얻는다.

### ❀ 세포 호흡

세포의 미토콘드리아에서 일어나며, 세포 호흡으로 생성되는 에너지 중 약 40 %는 ATP에 화학 에너지로 저장되고, 나머지는 열로 방출되어 체온 유지에 이용된다.




### ❀ 세포 호흡과 연소

(1) **공통점** 세포 호흡과 연소는 모두 산소와 반응하여 유기물을 분해하는 산화 반응이며, 에너지를 방출하는 발열 반응이다.

(2) **차이점** 연소 과정에서는 한꺼번에 다량의 에너지가 열과 빛의 형태로 방출되고, 반응 온도는 400℃ 이상이며 매우 빠른 속도로 일어난다. 또한 촉매가 필요하지 않다. 반면, 세포 호흡에서는 소량의 에너지가 단계적으로 방출되어 ATP에 저장된다. 38ATP를 생성한 후 필요할 때마다 생활 에너지로 전환하여 사용하기 때문에 약 40 %라는 높은 에너지 효율을 갖고 있다. 또한 반응 온도는 연소보다 훨씬 낮은 온도인 37℃ 정도이며, 촉매(효소)가 필요하고, 반응이 단계적으로 일어나기 때문에 반응 속도는 일반적으로 연소보다 느리다.

**✚참고 자료** ATP ( Adenosine Tri–Phosphate )

생물의 생명 활동에 직접 사용되는 에너지 저장 물질이다.

(1) **구조** 아데닌과 리보스가 결합한 아데노신에 세 분자의 인산이 결합한 화합물로, 인산과 인산은 고에너지 결합을 하고 있다.

(2) **고에너지 인산 결합** 대부분의 화학 결합이 2~3 kcal의 화학 에너지를 함유하는 데 비하여 ATP의 끝부분에 결합된 두 개의 인산은 각각 7.3 kcal의 에너지를 함유하고 있다.

(3) **에너지의 방출** 세포 호흡을 통해 합성된 ATP는 고에너지 인산 결합을 풀고 ADP로 되면서 에너지를 방출하는데, 이 에너지가 다양한 생명 활동에 이용된다.

(4) **세포 호흡의 에너지 효율** 포도당 1 몰이 공기 중에서 연소되면 686 kcal가 방출된다. 세포 호흡에 의해 포도당이 산화될 때 방출되는 에너지는 38몰의 ATP에 저장된다. ATP는 1 몰당 약 7.3 kcal의 저장 에너지를 가지므로 세포 호흡의 에너지 효율은 40 % 정도이다.

$$\frac{(38 \times 7.3\ \text{kcal})}{686\ \text{kcal}} \times 100 \fallingdotseq 40\ \%$$

# 2-3 노폐물의 배설

## | 학습 내용 안내 |

(1) 탄수화물, 지방, 단백질이 분해되어 생성되는 노폐물의 종류를 이해한다.

(2) 이산화 탄소, 물, 요소가 배설되는 경로를 이해한다.

(3) 콩팥의 구조와 기능에 대하여 이해한다.

(4) 콩팥에서 여과, 재흡수, 분비를 통해 오줌이 생성되는 과정을 이해한다.

(5) 배설을 통해 체액의 농도를 일정하게 유지하는 것을 이해한다.

## | 학습 전개 |

영양소에서 생성되는 노폐물의 종류를 이해하고, 각각의 노폐물이 배설되는 경로를 설명하게 한다.



배설 기관의 구조를 이해하고, 여과, 재흡수, 분비를 통해 오줌이 생성되는 과정을 설명하게 한다.



오줌의 양을 조절하여 체액의 농도를 일정하게 유지하는 원리를 설명하게 한다.

**찾아보기**

- 오줌의 진실(2008), 수잔 E. 굿맨, 엘우드 스미스 저, 김신혜 역, 파랑새
- 인체(2010), 스티브 파커 외 1저, 박경환 외 4역, 사이언스북스
- 너무나 정밀한 인체(2009), 대한 과학 진흥회 저, 스완미디어
- 생명 과학 8판(2008), Campbell 저, 전상학 역, 바이오사이언스
- 생물학(2010), 로버트 A. 월리스 저, 이광웅 역, 을유 문화사



# 2-3 노폐물의 배설



**학습 목표**

- 콩팥의 구조와 기능을 설명할 수 있다.
- 콩팥에서 오줌이 생성되는 과정을 설명할 수 있다.

학교든 집이든 우리가 생활하는 곳이면 어디든지 쓰레기가 발생한다. 쓰레기를 제때 버리지 않으면 생활 환경이 오염되어 건강에 해롭다. 쓰레기를 버릴 때에는 재활용할 수 있는 것과 재활용할 수 없는 것을 구분하여야 자원의 낭비를 줄일 수 있다.

우리 몸속에서도 생명 활동 결과 끊임없이 노폐물이 생긴다. 이러한 노폐물에는 어떤 것이 있을까? 또한 이것은 어떻게 몸 밖으로 내보내질까?

**더 자세히**

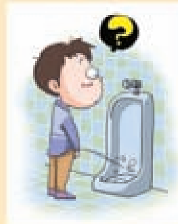
**대변도 배설일까?**
대변을 통해 내보내는 것은 몸속에서 생긴 노폐물이 아니라 소화되지 않은 찌꺼기이다. 따라서 대변을 내보내는 것은 배설과는 다른 배출 작용이다.

### 노폐물의 생성과 배설

물을 많이 마신 날에는 화장실을 자주 가게 된다. 마신 물과 오줌의 성분은 같을까?

몸속으로 흡수된 3대 영양소는 조직 세포에서 산소와 반응하여 에너지를 내는데, 이 과정에서 노폐물이 생긴다. 몸에 노폐물이 쌓이면 건강에 해로우므로 몸 밖으로 내보내야 한다. 노폐물은 혈액을 통해 콩팥으로 운반되어 물과 함께 몸 밖으로 내보내는데, 이것이 오줌이다. 이처럼 몸속에서 생긴 노폐물을 내보내는 작용을 **배설**이라고 하며, 배설을 담당하는 기관을 **배설 기관**이라고 한다.

**과학 자료실** 오줌이 노란 이유?



산소를 운반하는 적혈구는 수명이 다하면 간과 지라에서 파괴되어 없어진다. 적혈구 속의 헤모글로빈이 파괴될 때 철과 쓸개즙의 색소인 빌리루빈이라는 물질이 생기게 되는데, 이 빌리루빈이라는 물질은 노란색을 띠고 있다.

빌리루빈이 만들어지면 일단 쓸개에 모였다가 십이지장을 거쳐 대변으로 나가거나 콩팥에서 걸러져 오줌으로 나가게 된다. 그래서 대변이나 오줌의 색이 노란색을 띠는 것이다.

만약 오줌의 색깔이 진한 갈색이나 붉은색이라면 배설 과정에 문제가 발생했다는 신호이므로 전문의를 찾아가 검사를 받아야 한다.








### ❀ 노폐물의 생성과 배설

(1) **노폐물의 생성** 우리 몸을 구성하는 세포들은 생활에 필요한 에너지를 얻기 위해 세포 호흡을 통해 쉴 새 없이 영양소를 분해하는데, 그 과정에서 노폐물이 생성된다.

① **탄수화물과 지방:** 탄소(C), 수소(H), 산소(O)로 구성되어 있는 탄수화물과 지방은 세포 호흡에 의해 분해되면, 이산화 탄소($CO_2$)와 물($H_2O$)이 생성된다.

② **단백질:** 탄소(C), 수소(H), 산소(O) 외에 질소(N)를 포함하고 있는 단백질은 세포 호흡에 의해 분해되면, 이산화 탄소($CO_2$)와 물($H_2O$) 외에 암모니아($NH_3$)와 같은 질소성 노폐물이 생성된다.

(2) **노폐물의 배설**

① **이산화 탄소:** 날숨을 통해 폐에서 체외로 배설된다.

② **물:** 다시 흡수되어 이용되거나 오줌이나 땀, 날숨으로 배설된다.

③ **암모니아:** 혈액에 의해 간으로 운반되어 요소로 전환된 후, 다시 콩팥으로 운반되어 오줌으로 배설된다.

우리는 하루에 약 2 L의 오줌을 몸 밖으로 배설한다. 우리가 오줌을 통해 몸 밖으로 배설하는 주요 노폐물은 물과 요소이다. 오줌의 성분을 보면 물이 95 % 정도를 차지하고, 나머지 5 % 정도가 요소, 무기 염류 등이다.




그림 Ⅱ-54 오줌의 성분비

세포에서 탄수화물과 지방이 분해되면 물과 이산화 탄소가 생기고, 단백질이 분해되면 물과 이산화 탄소와 함께 암모니아가 생긴다. 이산화 탄소는 혈액에 의해 폐로 운반되어 날숨으로 배설되고, 물은 몸속에서 사용되거나 날숨, 땀, 오줌 등으로 배설된다. 땀의 대부분은 물이고 약간의 요소와 무기 염류가 포함되어 있다. 하지만 땀은 배설보다는 체온 조절의 역할이 더 크다. 암모니아는 독성이 강하기 때문에 간에서 독성이 약한 요소로 바뀌게 된다. 요소는 콩팥에서 걸러진 후 오줌에 섞여 몸 밖으로 배설된다.

잠깐 체크 오줌 속의 요소는 어떤 영양소가 분해된 것인가?

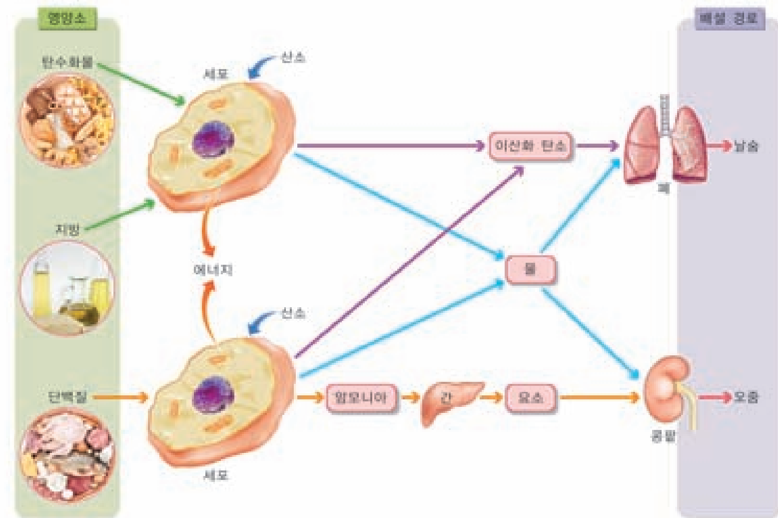



그림 Ⅱ-55 노폐물의 생성과 배설

2. 호흡과 배설 237

**잠깐 체크**

단백질



**학습 자료실**

### ❀ 질소성 노폐물의 종류

단백질의 분해로 생긴 질소성 노폐물의 배설 형태는 서식 환경과 밀접한 관련이 있다. 암모니아는 물에 잘 녹고 세포막을 통해 빠르게 확산되기 때문에 물이 풍부한 곳에 사는 동물들은 물속에 그대로 암모니아를 배설한다.

반면, 물이 적은 환경에서 생활하는 동물들은 암모니아를 빠르게 확산시키지 못하기 때문에 독성이 거의 없는 요소나 요산으로 전환시켜 배설한다.

서식 환경에 따른 동물의 노폐물 배설

| 노폐물 | 특징 | 동물 |
|---|---|---|
| 암모니아 | 수용성, 독성 강함 | 수생 무척추동물, 경골어류 |
| 요소 | 수용성, 독성 거의 없음 | 양서류, 포유류, 연골어류 |
| 요산 | 불용성, 독성 거의 없음 | 조류, 파충류, 곤충류 |

### (3) 오르니틴 회로

① 단백질의 분해 과정에서 생성된 암모니아는 혈액에 의해 간으로 운반된 다음 오르니틴 회로를 거쳐 독성이 거의 없는 요소로 전환된다.

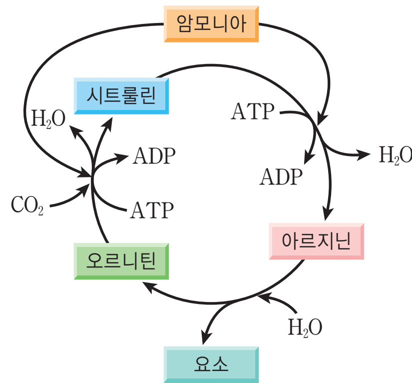
② 간으로 운반된 암모니아는 이산화 탄소 및 오르니틴과 결합하여 시트룰린이 되고, 시트룰린은 다시 암모니아와 결합하여 아르지닌이 된다.

③ 아르지닌은 아르지네이스의 작용에 의해 오르니틴과 요소로 분해된다.

④ 재생된 오르니틴은 다시 회로를 돌 수 있다.

⑤ 요소가 합성되는 반응은 에너지가 요구되는 과정으로, 한 분자의 요소를 합성하는 데 두 분자의 ATP가 소비된다.

⑥ 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌은 요소를 생성하는 과정인 오르니틴 회로의 중간 산물로 중요한 작용을 하는데, 이들은 모두 $-NH_2$(아미노기)를 가진 일종의 아미노산이다.




오르니틴 회로

**참고 자료 오줌으로 세탁을 한다고?**

"삼국지"의 '위지 동이전'에는 '집집마다 오줌으로 손을 씻고 세탁을 했다.'는 기록이 남아 있다. 잿물 또한 오줌만큼 오랜 시간 동안 세탁 재료로 사용되어 왔다. 잿물이란 나무를 태우고 남은 재에 물을 부어 우려낸 물을 말한다. 깨끗하게 만들려고 사용하던 것들이 왜 이렇게 깨끗함과는 거리가 먼 재료들로 만들어졌을까?

그 이유는 바로 오줌과 잿물이 가진 염기 성분 때문이다. 잿물은 탄산 칼륨을 다량 함유한 강한 염기 성분을 지니고 있어 때가 묻은 옷을 담가 두면 옷감에 붙어 있는 단백질을 녹여 깨끗해지게 하는 효과가 나타난다. 오줌 역시 그 속에 들어 있는 암모니아가 세정 작용을 한다.




### ❀ 배뇨 충동은 어떻게 일어날까?

방광 벽은 수축성이 있는 근육질로 되어 있다. 방광에 오줌이 차면 수축성 있는 방광 벽이 팽창하게 된다. 방광은 일반적으로 약 0.8 L의 오줌을 저장할 수 있는데, 0.2 L 정도의 오줌이 차게 되면 방광 조직 안에 있는 감지 세포가 배뇨 충동을 일으킨다. 그러면 방광 근육이 수축하면서 요도를 막고 있던 괄약근이 열려 소변이 외부로 나가게 된다. 사람은 본인의 의지에 따라 오줌을 몸 밖으로 배설할 수 있지만, 일단 배설이 시작되면 반사 행동에 의해 진행된다.

### ❀ 소변을 참으면 병이 된다.

우리는 어릴 때부터 "소변을 참으면 병이 된다."라는 말을 자주 들었을 것이다. 그런데 이 말에는 어느 정도 과학적 근거가 있다.

우리는 보통 방광에 오줌이 일정량 차 있을 때 소변이 마렵다고 느낀다. 이때 소변을 참게 되면 방광이 오랫동안 팽창 상태가 되어 소변을 보고 난 뒤 수축하는 능력이 저하된다. 또한 소변이 방광에 오래 머물면서 염증이 생기기도 한다. 소변 기능이 떨어진 노인들은 배뇨기 관련 질환이 생길 수도 있다. 따라서 소변을 참는 것은 몸에 좋지 않다.

### ❀ 콩팥 질환을 의심할 수 있는 위험 신호

(1) 손발이 붓는다.
(2) 화장실을 자주 간다.
(3) 배뇨 시 통증을 느낀다.
(4) 소변의 색깔이 붉거나 검다.
(5) 갈비뼈 아래 부위에 통증을 느낀다.

### ❀ 요소의 재흡수

물이 재흡수됨에 따라 세뇨관 내 요소의 농도가 크게 증가한다. 그 결과 상당량의 요소가 세뇨관에서 모세 혈관 쪽으로 확산되어 재흡수된다.

**콩팥의 구조**

사람의 배설 기관은 콩팥, 오줌관, 방광, 요도로 이루어져 있다.

콩팥은 주먹만한 크기로 강낭콩 모양이며, 등쪽 허리의 바로 위 양쪽에 한 개씩 모두 두 개가 있다. 심장에서 나온 혈액은 콩팥 동맥을 통해 콩팥으로 들어가서 노폐물이 걸러진 다음 콩팥 정맥으로 나와 심장으로 간다. 콩팥에서 걸러진 노폐물은 오줌이 되어 오줌관을 통해 방광으로 이동한다. 골반의 가운데에 위치한 방광은 속이 빈 근육질의 기관으로서, 오줌을 모았다가 일정한 양이 되면 요도를 통해 몸 밖으로 내보내는 일을 한다.

콩팥의 일부를 확대해 보면 콩팥 겉질, 콩팥 속질, 콩팥 깔때기의 세 층으로 이루어져 있다. 콩팥 겉질에는 모세 혈관이 실타래처럼 뭉쳐져 있는 형태인 **사구체**와 사구체의 바깥을 싸고 있는 **보먼주머니**가 분포한다.

콩팥 속질에는 긴 세뇨관이 분포한다. 콩팥 깔때기는 오줌이 모이는 곳이다. 콩팥 겉질과 콩팥 속질에 있는 사구체, 보먼주머니, 세뇨관으로 이루어진 구조를 **네프론**이라고 한다. 네프론은 콩팥에서 오줌을 만들어 내는 기본 단위이며, 콩팥 하나당 약 100만 개가 들어 있다.

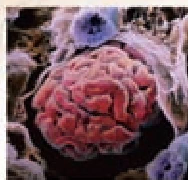


그림 Ⅱ-56 사구체_모세 혈관이 실타래처럼 뭉친 덩어리(×400)

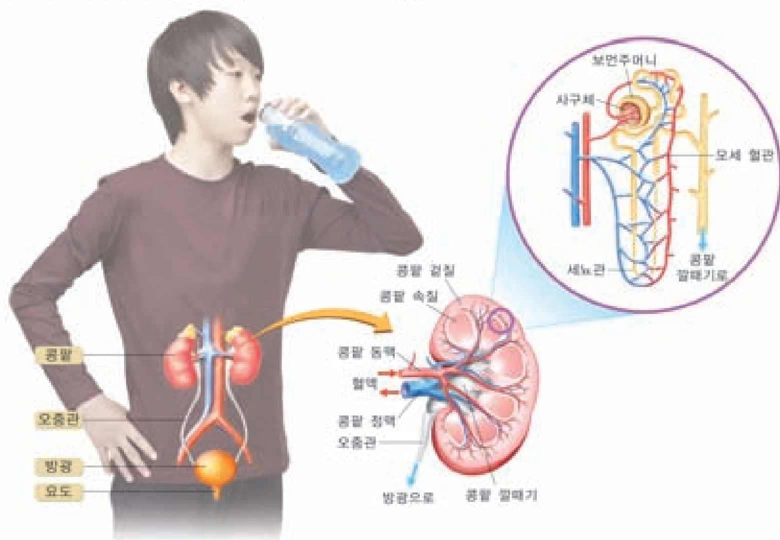



그림 Ⅱ-57 사람의 배설 기관의 구조

238 Ⅱ. 소화·순환·호흡·배설





### ❀ 사람의 배설 기관과 콩팥의 구조

(1) **콩팥의 구조** 콩팥은 길이가 10 cm 정도이고, 강낭콩 모양의 암적색 기관으로서, 횡격막 아래 등쪽으로 좌우 한 개씩 있다. 각 콩팥에는 오줌이 지나가는 통로인 오줌관이 연결되어 있고, 오줌관의 끝에는 오줌을 저장하는 방광이 있다. 방광에 오줌이 어느 정도 차면 요도를 통해 오줌을 배설하게 된다. 사람의 콩팥 단면을 보면 세 부분, 즉 콩팥 겉질, 콩팥 속질, 콩팥 깔때기로 구성되어 있다. 콩팥 겉질에는 사구체와 보먼주머니로 구성된 말피기 소체가 분포해 있고, 콩팥 속질에는 세뇨관과 집합관이 주로 분포해 있다.

(2) **네프론** 사구체와 보먼주머니 및 세뇨관이 합쳐져서 콩팥의 구조적·기능적 단위인 네프론을 구성하는데, 이곳에서 오줌이 생성된다.

① 네프론＝말피기 소체(사구체＋보먼주머니)＋세뇨관
② 콩팥 한 개에는 약 100만 개의 네프론이 있다.
③ 사구체는 콩팥 동맥에서 나온 혈관들이 실타래처럼 뭉쳐진 덩어리로 보먼주머니에 싸여 있다.
④ 보먼주머니는 가늘고 긴 세뇨관으로 연결되어 있고, 여러 개의 세뇨관은 집합관으로 합쳐진다.

### 오줌의 생성과 배설

세포 호흡 결과 생성된 노폐물은 혈액에 의해 콩팥으로 운반된다. 혈액 속에는 노폐물뿐만 아니라 포도당과 같은 영양소도 섞여 있는데, 콩팥은 어떻게 노폐물을 골라 오줌으로 배설하는 것일까?

콩팥에서 오줌을 생성하는 과정은 쓰레기를 재활용하는 과정과 유사하다. 일상생활에서 생긴 쓰레기는 쓰레기장에 버려지고, 그곳에서 필요한 것들은 다시 재활용된다. 콩팥에서도 이와 비슷한 과정이 일어난다.

콩팥으로 들어온 혈액 성분 중 일부는 압력에 의해 사구체에서 보먼주머니로 빠져나가는데, 이 과정을 **여과**라고 한다. 여과되는 물질은 포도당이나 요소와 같이 크기가 작은 물질이고, 혈구와 단백질 같은 크기가 큰 물질은 여과되지 않는다.

여과된 성분에는 요소와 같은 노폐물도 있지만, 포도당이나 아미노산과 같은 몸에 필요한 물질들도 포함되어 있다. 필요한 물질들은 쓰레기를 재활용하는 것처럼 세뇨관에서 모세 혈관으로 다시 흡수되는데, 이 과정을 **재흡수**라고 한다.

또 사구체에서 미처 여과되지 못하고 혈액에 남아 있는 노폐물 등 일부 성분들은 다시 한 번 버려지는데, 이 과정을 **분비**라고 한다. 분비는 모세 혈관에서 세뇨관으로 일어난다. 여과, 재흡수, 분비의 과정을 거쳐 생성되는 오줌은 콩팥 깔때기에 모여서 오줌관을 통해 방광으로 이동한 후 몸 밖으로 배설된다.

스스로 해결하기
사람의 배설 기관은 ( ), 오줌관, 방광, 요도로 이루어져 있다.

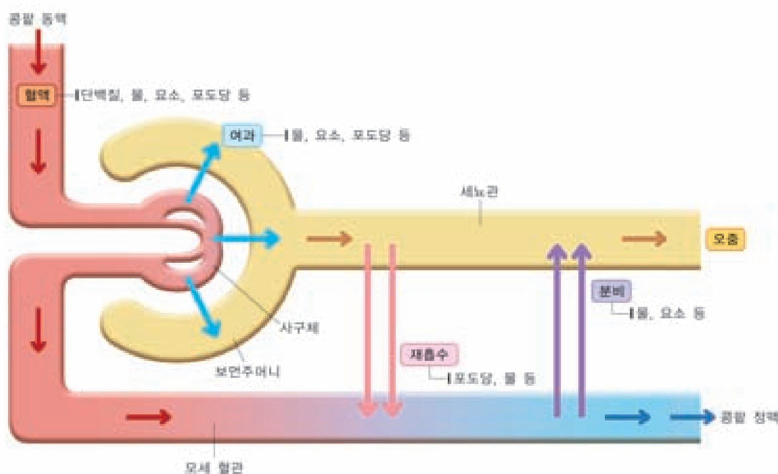



그림 Ⅳ-58 오줌이 생성되는 과정_ 여과, 재흡수, 분비 과정을 거쳐 오줌이 생성된다.

2. 호흡과 배설 239

### 오줌의 생성

(1) **여과** 혈액이 사구체를 지나는 동안 혈액 성분의 일부가 사구체에서 보먼주머니로 빠져나가는데, 이러한 작용을 여과라고 한다.

① 여과는 사구체로 들어가는 동맥 쪽 모세 혈관이 사구체로부터 나오는 정맥 쪽 모세 혈관보다 굵어서 사구체 내부의 혈압이 높아져 일어난다.

② 혈구, 단백질, 지방과 같이 분자량이 큰 물질은 여과되지 않으며, 분자량이 작은 물, 무기 염류, 아미노산, 포도당, 요소와 같은 물질들만 여과된다.

③ 여과된 액체 성분을 원뇨라고 하는데, 원뇨의 성분은 혈장 성분과 유사하다.

(2) **재흡수** 원뇨가 세뇨관을 지나는 동안 여과된 물질 중 우리 몸에 필요한 성분인 포도당, 아미노산, 무기 염류, 물 등은 모세 혈관으로 다시 흡수되는데, 이를 재흡수라고 한다.

① 포도당과 아미노산은 100 %, 물은 99 % 정도, 무기 염류는 거의 대부분 재흡수되며, 요소도 50 % 정도 재흡수된다.

② 포도당, 아미노산, 무기 염류는 능동 수송, 물은 삼투 현상, 요소는 확산에 의해 재흡수된다.

(3) **분비** 사구체에서 나온 혈액이 모세 혈관을 흐르는 동안 요산, 크레아틴 등의 노폐물은 모세 혈관에서 세뇨관으로 능동적으로 수송되는데, 이를 분비라고 한다.

#### 스스로 해결하기

사람의 배설 기관은 ( 콩팥 ), 오줌관, 방광, 요도로 이루어져 있다.

## 관련 지식

### 여과의 원동력

사구체로 들어오는 혈관이 사구체에서 나가는 혈관보다 굵어서 사구체 내부의 혈압은 보먼주머니의 압력보다 높다. 따라서 이 압력 차에 의해 혈액 성분의 일부가 보먼주머니로 여과된다.

주머니나 관의 내부에 들어 있는 유체가 주머니나 관의 벽에 미치는 압력을 유체 정압이라고 하는데, 혈압은 혈액이 혈관벽에 미치는 유체 정압을 뜻한다. 사구체의 혈압이 혈관벽에 미치는 유체 정압은 60 mmHg이고, 원뇨가 보먼주머니의 벽에 미치는 유체 정압은 15 mmHg이다. 그리고 사구체 혈장의 농도가 보먼주머니의 원뇨 농도보다 높아 생기는 삼투압이 28 mmHg라고 하면, 순 여과 압력은 $60-(15+28)=17$ mmHg가 된다.

### 오줌량 조절

뇌의 한가운데 시상 하부라는 부위에서 분비되는 항이뇨 호르몬은 콩팥에 작용하여 배설되는 물을 체내로 재흡수시킴으로써 소변의 양을 줄인다. 일반적으로 항이뇨 호르몬의 분비는 혈액의 삼투압과 혈압에 의하여 조절된다. 예를 들어 땀을 많이 흘려서 탈수가 되면 삼투압이 증가하여 항이뇨 호르몬의 분비량이 증가된다. 또한 출혈이 심하여 혈압이 떨어지면 항이뇨 호르몬의 분비량이 증가되어 물을 재흡수하도록 한다.

항이뇨 호르몬이 몸속에서 제대로 작용하지 못할 경우 요붕증에 걸리는 경우가 많다. 질병은 아니지만 항이뇨 호르몬이 정상 기능을 하지 못하여 나타나는 신체적 변화도 있다. 술에 들어 있는 에탄올이나 커피에 있는 카페인은 항이뇨 호르몬 분비량을 줄이는 효과를 가져오는데, 술을 먹은 다음 목이 마르고 오줌이 자주 마려운 것은 이러한 이유 때문이다.

## 오줌의 조절 기능

> **더 체액** 혈액을 포함하여 몸속에 있는 액체를 통틀어 체액이라고 한다.

우리는 매일 음료수나 음식물을 통해 물을 섭취한다. 또한 몸속에서 영양소가 분해되는 과정에서도 물이 생성된다. 이렇게 몸속에서 생명 활동에 쓰이고 남은 양만큼의 물은 땀, 날숨, 오줌, 대변 등을 통해서 몸 밖으로 나간다.

평상시 우리 몸에서 물이 가장 많이 나가는 경로는 오줌으로서, 몸속 물의 양은 오줌에 의해 일정하게 유지된다. 그러나 오줌을 통해 물을 너무 많이 내보내게 되면 몸속 물의 양이 부족해져서 갈증을 심하게 느끼거나 탈수, 피부 건조 등의 증상이 나타날 수 있다.

물을 많이 마시면 몸속에 여분의 물의 양이 많아지게 되어 오줌의 양이 증가한다. 반대로 땀을 많이 흘려 몸속에 물이 부족해지면 오줌의 양이 줄어들어 몸에서 빠져나가는 물의 양이 감소한다. 오줌은 몸속에 있는 물의 양과 함께 무기 염류의 양도 조절하여 체액의 농도를 일정하게 유지한다.

**생각 넓히기** 몸속 물의 양이 정상보다 적은 경우 물의 섭취량과 배설량은 어떻게 달라지는가?

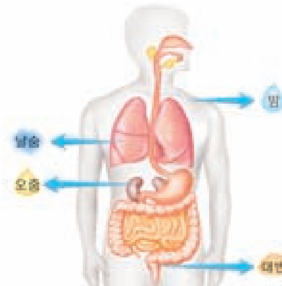


그림 Ⅱ-59 우리 몸에서 방출되는 물

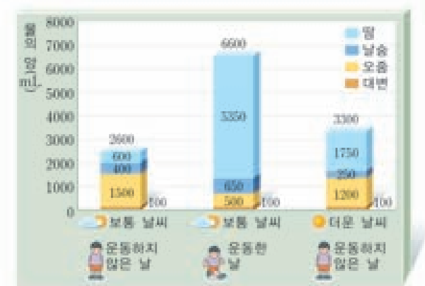


그림 Ⅱ-60 성인의 하루 물 배출량

**자기 주도 학습**

**개념 확인하기**

❶ 3대 영양소가 분해되어 생긴 노폐물 중 오줌으로 배설되는 것은 무엇인가?

❷ 오줌에 혈구나 단백질이 섞여 있다면 콩팥의 어떤 기능에 이상이 생긴 것인가?

**과학과 생활 연관 짓기**

❶ 음식을 짜게 먹은 경우 오줌의 양과 농도는 어떻게 달라지는가?

❷ 여름철과 겨울철에 땀과 오줌의 양은 어떻게 달라지는가?

240 Ⅱ. 소화 · 순환 · 호흡 · 배설

### 잠깐 체크

물의 섭취량이 증가하고, 오줌의 양이 줄어들어 몸에서 물이 빠져나가는 양을 줄인다.

### 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

❶ 물, 요소

❷ 여과 기능

▶ 과학과 생활 연관 짓기

❶ 오줌의 양은 감소하고 농도는 증가한다.

❷ 여름철은 겨울철보다 땀을 더 많이 흘리므로, 땀을 통한 물의 배출량이 많아져 체내 물의 양이 부족해지기 쉽다. 따라서 오줌을 통해 배설하는 물의 양이 줄어든다.

### 관련 지식

❀ **땀샘과 땀**

땀샘은 피부의 진피 속에 있으며, 땀샘 주변을 모세 혈관이 둘러싸고 있어 모세 혈관에서 땀샘으로 물과 노폐물이 여과되면서 땀이 생성된다.

땀은 99 %가 물이고, 여기에 염분, 요소, 요산, 무기 염류 등이 녹아 있어서 오줌의 성분과 비슷하다.

우리 몸은 하루에 약 0.5 L의 땀을 분비한다. 땀샘에는 오줌의 생성 과정에서 볼 수 있는 재흡수 과정이 없으므로 땀을 지나치게 많이 흘리면 탈수증이 나타난다.

땀샘은 노폐물을 분비하는 배설 기능 이외에도 체온 조절 기능을 가지고 있다. 따라서 체내에서 열이 많이 발생되면 땀을 내어 체온의 상승을 막는다.

땀샘은 온몸에 200~400만 개 정도가 분포하며 특히 손바닥, 콧등, 이마, 겨드랑이 등에 많다. 일반적으로 추운 지방보다 더운 지방에 사는 사람들에게 땀샘이 많으며 개와 조류는 땀샘이 없다.




❀ **호르몬에 의한 오줌량 조절 기능**

체내 수분량은 콩팥에서 재흡수되는 물의 양에 따라 달라지며, 이에 따라 오줌량도 달라진다. 조절 중추는 간뇌의 시상 하부이며, 항이뇨 호르몬과 무기질 코르티코이드에 의해 조절된다.

(1) **항이뇨 호르몬(ADH, 바소프레신)** 시상 하부에서 만들어져 뇌하수체 후엽에 저장되었다가 분비되는 호르몬으로서, 집합관에서 물의 재흡수를 촉진한다.

① **체내 수분량이 적을 때(삼투압이 높을 때)**: 항이뇨 호르몬 분비 촉진 → 오줌량 감소, 체내 수분량 증가

② **체내 수분량이 많을 때(삼투압이 낮을 때)**: 항이뇨 호르몬 분비 억제 → 오줌량 증가, 체내 수분량 감소

(2) **무기질 코르티코이드(알도스테론)** 부신 겉질에서 분비되는 호르몬으로서, 세뇨관에서 나트륨(Na)의 재흡수와 칼륨(K)의 분비를 촉진한다.

① 삼투압이 높을 때: 무기질 코르티코이드 분비 억제 → Na 재흡수 억제 → 혈장 삼투압 감소

② 삼투압이 낮을 때: 무기질 코르티코이드 분비 촉진 → Na 재흡수 촉진 → 혈장 삼투압 증가

# 소변 검사

STEAM 융합

건강 검진을 할 때 실시하는 소변 검사를 통해 어떤 질병을 알 수 있을까?

소변 검사에는 스틱 시험지 검사, 요침사 현미경 검사, 24시간 요수집 검사가 있다.

스틱 시험지 검사는 소변을 용기에 담은 다음 스틱 시험지의 측정 부분을 소변에 담근 후 꺼낸다. 약 60초 후에 시험지의 색깔 변화를 기준표의 색과 비교하여 질병을 판정한다. 스틱 시험지에는 11가지의 측정 부분이 있다. 이것을 통해 빌리루빈, 단백질, 포도당, 백혈구, 비타민 C 등을 검사할 수 있다. 이 검사를 통해 콩팥 질환, 당뇨병, 방광염 등을 판단할 수 있다.

요침사 현미경 검사는 오줌을 현미경으로 직접 관찰하는 검사이다. 소변을 스포이트로 시험관에 담아 원심 분리를 한 후 바닥에 가라앉은 침전물을 현미경으로 관찰하는 방법이다. 현미경으로 소변을 직접 관찰함으로써 혈뇨나 염증 세포, 암세포 등을 확인할 수 있다.

24시간 요수집 검사는 하루 동안 보는 소변을 모아서 하루 중 소변으로 빠져나가는 여러 가지 물질의 양을 측정하고, 콩팥의 사구체 여과율도 측정한다. 보통은 아침에 시작하여 다음 날 아침까지 보는 소변을 모아 검사한다. 하루 동안 단백뇨가 얼마나 배출되는지 정확하게 측정하는 데 이용하기도 한다.

소변 검사는 다른 검사에 비해 간단하게 자신의 건강 상태를 점검할 수 있다. 그러므로 소변 검사를 할 때에는 진지한 태도로 검사에 임해야 한다.

스틱 시험지 검사_ 스틱 시험지를 이용하여 여러 가지 질환을 체크할 수 있다.

요침사 현미경 검사_ 소변을 원심 분리한 후 가라앉은 침전물을 현미경으로 관찰한다.



## 학습 자료실

### ❀ 콩팥 질병의 원인과 증상

콩팥이 손상되었을 때 발생하는 병은 그 원인과 증상이 다양하며 치료 방법도 각기 다르다. 특히 콩팥 질환은 초기에는 증상이 나타나지 않다가 그 증세가 상당 부분 진행되어서야 자각 증상이 나타나는 특징이 있어서 적절한 치료를 하기가 매우 어렵다.

콩팥에 흔히 발생하는 질병에는 요도가 감염되어 나타나는 요도염이 있다. 요도염은 방광염, 콩팥염으로 이어질 수 있는데, 특히 콩팥염이 심해지면 결국에는 사구체가 손상된다. 그 결과 혈액에 섞여 있는 노폐물이 보먼주머니로 여과되지 못하고 혈액에 축적되어 요독증을 일으키거나 사구체의 투과성이 커져서 단백질이나 혈구 등이 오줌에 섞여 배출될 수 있기 때문에 심하면 생명을 잃을 수도 있다.

일반적으로 콩팥 질환은 콩팥에서의 노폐물 여과 및 배설 기능이 만성적으로 악화되는 증상이다. 여러 가지 원인에 의해 콩팥의 기능이 비정상적으로 진행되다가 결국에는 그 기능이 마비되는 콩팥 질환을 콩팥 기능 상실증이라고 한다. 콩팥 기능 상실증은 회복이 안 되며, 방치하면 사망에 이르기도 한다. 따라서 콩팥 기능 상실증에 걸리면 콩팥의 기능이 가능한 정도로 단백질의 섭취량을 제한하면서 칼로리는 충분히 공급해 줄 수 있는 식사를 하고 짠 음식을 피해야 한다.

## 보충·심화

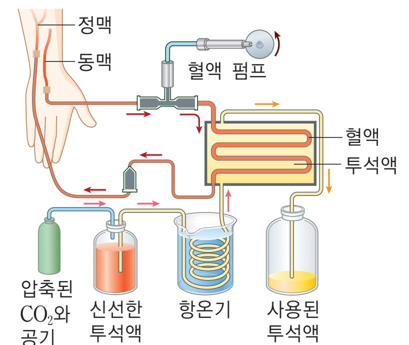
### 효과적인 운영을 위한 Tip

1 소변 검사를 통해 알 수 있는 질병에는 어떠한 것들이 있는지 조사해 보게 한다.

2 소변 검사를 할 때에 진지한 태도로 임해야 함을 일깨워 준다.

### ❀ 인공 콩팥기

인공 콩팥기는 작은 분자나 이온은 투과시키고 단백질과 같은 큰 분자는 투과시키지 않는 반투과성 막의 성질을 이용하여 만든 것이다. 반투과성 막인 인공막을 경계로 한쪽으로는 환자의 혈액이 흐르게 하고, 다른 쪽으로는 인공으로 만든 투석액이 흐르게 하여 혈액으로부터 요소와 같은 노폐물을 걸러 내는 장치이다. 인공 콩팥기는 환자가 병이 회복될 때까지 일시적으로 사용하는 방법이며, 약물 치료가 어려울 정도로 심각한 환자는 콩팥 이식 수술을 받는 것이 좋다.




❷ 인공 콩팥기

### ❀ 소변 검사와 아침 소변

보통 소변 검사는 아침 소변으로 하는 것이 좋다. 아침 소변에는 단백질이 섞여 나오지 않는다. 따라서 아침 소변에 단백질이 섞여 나오면 콩팥 기능에 이상이 있다고 판단할 수 있다. 마지막으로 아침 소변은 산성이기 때문에 소변에 섞여 나오는 여러 가지 세포나 결정체를 정확히 관찰할 수 있다.

# 2-4 우리 몸에서 일어나는 일

## 학습 내용 안내

(1) 세포 호흡을 통해 각종 활동에 필요한 에너지가 공급된다는 것을 이해한다.

(2) 에너지 생산과 관련하여 소화계, 순환계, 호흡계, 배설계가 서로 유기적으로 관련되어 있음을 이해한다.

## 학습 전개

도입 글을 읽고 근육 활동에 필요한 에너지를 얻는 방법을 생각하게 한다.



세포 호흡에 필요한 물질과 호흡 결과 생성된 물질에는 무엇이 있는지 토의하게 하고, 이러한 물질이 어떤 과정을 거쳐 이동하는지 생각하게 한다.



생명 활동에 필요한 에너지를 얻는 과정에서 어떤 기관계가 관여하고, 이들이 어떻게 유기적으로 관련을 맺고 있는지 발표하게 한다.



# 2-4 우리 몸에서 일어나는 일

학습 목표

- 생명 활동에 필요한 에너지 생산과 관련하여 소화, 순환, 호흡, 배설을 통합적으로 설명할 수 있다.

주말을 이용하여 근교의 산에 가 보면 절벽에 아슬아슬하게 매달려 암벽 등반을 하는 사람들을 볼 수 있다. 팔과 다리의 근육을 많이 쓰는 암벽 등반은 손잡이가 될 만한 곳을 붙잡고 두 다리로 몸을 지지하여 조금씩 올라가는 운동이다. 이 높은 곳의 암벽을 오르는 데 사용되는 에너지를 얻기 위해 우리 몸에서는 어떤 일이 일어날까?

절벽에 매달리거나 중력을 거슬러 위로 올라가기 위해서는 자기 체중을 극복할 수 있는 근육 운동이 일어나야 한다. 이를 위해서는 많은 에너지가 필요하다. 그 외에도 우리 몸에 필요한 물질을 합성하거나 공부와 같은 정신 활동을 하고, 몸의 체온을 일정하게 유지시키는 데 에너지가 사용된다.

여러 가지 활동에 필요한 에너지를 얻기 위하여 우리는 날마다 식사를 한다. 음식물 속에는 살아가는 데 필요한 영양소가 포함되어 있어서 우리 몸을 구성하는 물질이나 여러 활동에 필요한 에너지를 공급해 준다. 그렇다면 에너지는 몸속에서 어떻게 만들어지는 것일까?



에너지는 우리 몸을 구성하는 모든 세포에서 세포 호흡을 통해 만들어진다. 세포는 산소를 이용하여 영양소를 분해하는데, 이 과정에서 에너지를 방출한다. 우리 몸은 이 에너지를 이용하여 각종 생명 활동을 수행할 수 있다. 또한 세포 호흡을 통해 영양소가 분해되면 에너지뿐만 아니라 물이나 이산화 탄소와 같은 노폐물도 만들어진다.

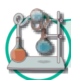
세포 호흡이 일어나기 위해서는 먼저 음식물 속의 영양소가 세포로 흡수될 수 있도록 잘게 분해되는 소화 과정이 일어나야 한다. 이어서 폐를 통해 들어온 산소와 소장에서 흡수된 영양소는 순환계에 의해 세포로 운반된다. 세포 호흡의 결과로 만들어진 노폐물도 순환계에 의해 운반되어 호흡계와 배설계를 통해 몸 밖으로 나간다. 이처럼 우리 몸을 구성하고 있는 소화계, 순환계, 호흡계, 배설계는 서로 유기적으로 구성되어 생명 활동을 효율적으로 수행하고 있다.

❶ 그림 Ⅱ-61 암벽 등반



**찾아보기**

- 인체의 신비(2005), 윈저 철튼 저, 넥서스 BOOKS
- 생명 과학(현재와 미래)(2008), Cecie Starr 외, 홍영남 역, 라이프사이언스



**학습 자료실**

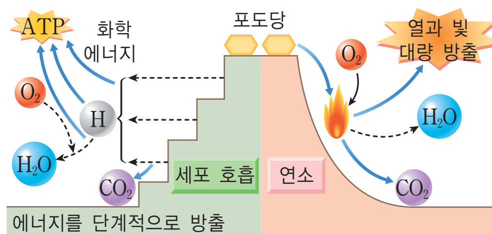
### ❀ 암벽 등반

암벽 등반은 자연 암벽 혹은 인공적으로 만들어진 벽을 오르는 행위를 말하며, 힘과 지구력, 민첩성뿐만 아니라 정신력까지도 요구되는 운동이다. 암벽 등반에서 손뿐만 아니라 강한 다리 근육을 사용하여 위쪽으로 이동하면 등반 능력을 향상시킬 수 있다.

**과학 돋보기**

### ❀ 세포 호흡

생물은 살아가는 데 필요한 에너지를 세포 호흡을 통해 얻는다. 세포 호흡은 세포질과 미토콘드리아에서 이루어진다. 세포 호흡에서는 포도당을 여러 단계에 걸쳐 산화함으로써 에너지를 조금씩 방출시켜 ATP의 형태로 저장한다. ATP에 저장된 에너지는 여러 가지 생명 활동에 이용된다.




❷ 세포 호흡과 연소

### ❀ 호흡 기질과 포도당

세포 호흡의 재료가 되는 유기 영양소를 호흡 기질이라고 한다. 음식물 속에 들어 있는 영양소는 소화 과정을 거쳐 작은 단위로 분해되고, 세포로 흡수되어 호흡 기질로 이용되거나 다른 물질의 합성에 이용된다. 호흡 기질로 가장 많이 소모되는 영양소는 포도당이다. 포도당을 완전히 분해하려면 산소가 필요하며, 그 과정에서 이산화 탄소와 물이 생기면서 에너지가 방출된다.




❸ 그림 Ⅱ-62 기관계의 유기적 구성_ 소화계, 순환계, 호흡계, 배설계는 서로 유기적으로 구성되어 있다.

자기 주도 학습

개념 확인하기

❶ 몸속으로 흡수된 영양소와 산소를 세포로 운반하는 것은 무엇인가?

❷ 세포에서 영양소를 분해하여 에너지를 만드는 과정을 무엇이라고 하는가?

과학과 생활 연관 짓기

마라톤 선수가 완주를 할 경우 약 3 kg의 체중이 줄어든다고 한다. 그 이유를 생각해 보자.

2. 호흡과 배설 243

### 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

❶ 혈액_ 소화계를 통해 들어온 각종 영양소는 순환계를 통해 온몸의 세포로 운반된다. 산소는 호흡계인 폐를 통해 들어와 순환계인 혈액에 의해 온몸의 세포로 운반된다.

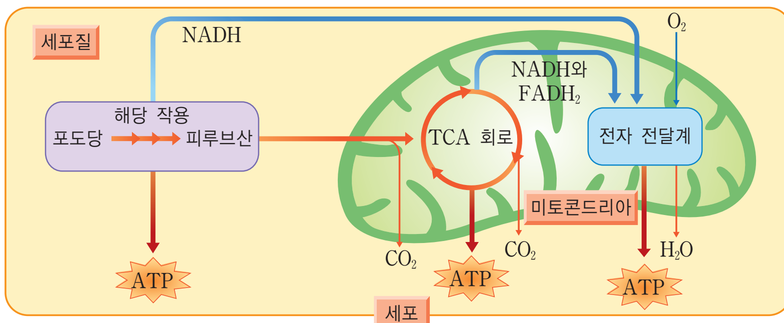
❷ 세포 호흡_ 세포로 들어온 영양소는 산소와 반응하여 분해되면서 에너지를 방출하고, 방출된 에너지의 일부가 생물체의 생활 에너지로 사용된다. 이와 같이 세포에서 에너지를 만드는 과정을 세포 호흡이라고 한다.

▶ 과학과 생활 연관 짓기

42.195 km의 마라톤 코스를 완주하기 위해서는 많은 양의 에너지가 필요하다. 포도당과 근육에 저장된 글리코젠 등의 탄수화물이 먼저 사용되고 이후에는 지방과 단백질이 사용되어 체중이 감소한다.

### ❀ 세포 호흡의 과정

세포로 들어간 포도당은 해당 작용 → TCA 회로 → 전자 전달계의 3단계를 거치면서 물과 이산화 탄소로 완전히 분해된다. 포도당은 세포질에서 해당 작용을 거친 다음에 미토콘드리아로 들어가 TCA 회로와 전자 전달계를 거쳐 완전히 산화된다. 해당 작용은 산소 없이 포도당을 분해하는 과정이고, TCA 회로와 전자 전달계는 산소가 필요한 과정으로서, 이때 포도당이 완전히 산화되면 많은 에너지가 발생한다.

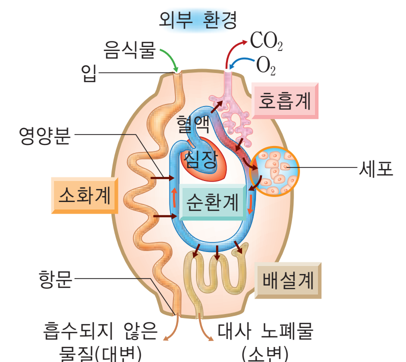



❸ 세포 호흡의 전 과정

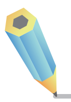
## 관련 지식

### ❀ 기관계의 유기적 구성

사람의 여러 가지 기관계는 서로 관련을 맺고 작용한다. 예를 들어 음식물이 위에 들어오면 신경계에 자극을 주어 호르몬이 분비되고 이것이 순환계를 통해 위벽에 도달하여 위액의 분비를 촉진한다. 또 소화계와 호흡계는 영양분과 산소를 각각 섭취하고 이들은 순환계에 의해서 모든 체세포에 분배된다. 그리고 세포의 대사 노폐물은 배설계에 의해 몸 밖으로 배설된다.




❸ 기관계의 유기적 구성



# 대단원 마무리

## Ⅳ. 소화 · 순환 · 호흡 · 배설

### 개념 정리하기

[가로 열쇠 정답]

② 헤모글로빈, ④ 포도당, ⑥ 혈소판, ⑦ 십이지장, ⑪ 횡격막, ⑭ 암죽관, ⑮ 재흡수, ⑱ 세포 호흡, ⑲ 좌심실, ⑳ 폐포, ㉑ 확산

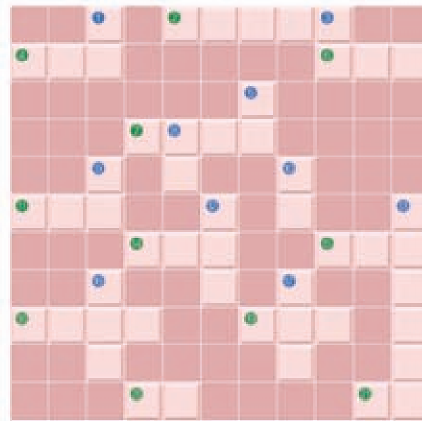
[세로 열쇠 정답]

① 엿당, ③ 빈혈, ⑤ 혈장, ⑧ 이자, ⑨ 판막, ⑩ 콩팥, ⑫ 기관계, ⑬ 필수 아미노산, ⑯ 외호흡, ⑰ 우심방

대단원 마무리

Ⅳ. 소화 · 순환 · 호흡 · 배설

개념 정리하기



가로 열쇠

② 적혈구에 있는 산소 운반 단백질
④ 녹말을 구성하는 기본 단위로 단당류의 일종
⑥ 혈구 성분의 하나로서, 혈액 응고에 관여함
⑦ 위와 연결된 소장의 윗부분
⑪ 들숨이 일어날 때 아래로 내려가는 막
⑭ 융털에서 흡수된 지용성 영양소가 이동하는 관
⑮ 세뇨관에서 물, 포도당 등이 다시 모세 혈관으로 흡수되는 과정
⑱ 세포에서 에너지를 만드는 작용
⑲ 심장에서 대동맥이 연결된 방
⑳ 세기관지 끝에 있는 포도송이 모양의 주머니
㉑ 폐포와 모세 혈관 사이에 기체가 교환되는 원리

세로 열쇠

① 녹말이 아밀레이스에 의해 분해된 산물
③ 혈액 속에 적혈구 수가 부족할 때 생기는 증상
⑤ 혈액의 액체 성분
⑧ 3대 영양소를 분해하는 효소를 모두 분비하는 소화 기관
⑨ 정맥에서 혈액의 역류 방지 역할을 하는 부분
⑩ 오줌 형성과 관련 있는 배설 기관
⑫ 연관성 있는 기관들이 모여서 구성된 집합체
⑬ 단백질의 기본 단위 중 체내에서 합성하지 못하여 반드시 음식물을 통해 흡수해야 하는 것
⑯ 폐포와 모세 혈관 사이에서 일어나는 기체 교환
⑰ 심장에서 대정맥과 연결된 방

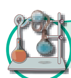
244 Ⅳ. 소화 · 순환 · 호흡 · 배설

### 심화 학습 몸을 썩게 하는 병

여러 가지 질병 중 몸의 조직이 썩어 가는 병이 있다. 썩은 조직은 혈액으로부터 산소를 공급받지 못하므로 병원균은 무산소 상태에서 생활하며 독소를 만든다. 나폴레옹 전쟁 시절에 많은 군인들이 테타니 병으로 죽어 갔다는 기록이 있다. 그 병은 클로스트리듐 테타니라는 세균이 분비하는 독성 물질에 의해 근육이 경직되어 조직이 썩어 가는 병으로, 테타니 병을 일으키는 세균은 죽은 조직에서 산소 공급을 받지 않고도 잘 번식할 수 있기 때문에 군인들은 손상되는 조직이 점점 넓어져 죽게 된 것이다. 파상풍도 이와 유사한 질병이다. 상처로 들어간 파상풍균은 무산소 상태에서 증식하면서 독소를 만들어 내는데, 이것은 말초 신경계에 영향을 미쳐 전신 근육에 강직성 경련을 일으킨다.



Ⓐ 테타니균



### 학습 자료실

#### 유기 호흡과 무기 호흡

생물이 살아가는 데 필요한 에너지를 얻는 방법에는 두 가지가 있다. 하나는 산소를 이용하여 유기물을 산화시키는 방법이고, 다른 하나는 산소 없이 유기물을 분해하여 에너지를 얻는 방법이다. 전자를 유기 호흡이라 하고, 후자를 무기 호흡이라고 한다. 유기 호흡은 분해 과정이 무기 호흡보다 복잡하지만 유기물을 100 % 분해시켜 많은 에너지를 얻을 수 있는 장점이 있고, 무기 호흡은 분해 과정이 간단한 대신 발생하는 에너지의 양이 적다. 따라서 생활 에너지가 많이 필요한 고등 생물은 유기 호흡을 해야 하지만 생활 에너지가 적게 필요한 단순한 생물들은 무기 호흡으로도 살아갈 수 있다.

#### 척추동물 소화계의 진화적 적응은 식성과 연관된다?

포유동물의 치열은 일반적으로 음식물과 상관관계가 있다. 특히 포유동물은 음식물을 섭취하기 위한 최적의 치열을 가지고 있다. 또한 초식동물은 일반적으로 육식동물보다 긴 소화관을 가지고 있다. 이것은 초식동물이 식물을 소화시키는 데 오랜 시간이 걸리기 때문이며, 많은 초식동물은 발효 방을 가지고 있어, 이곳에서 공생 관계에 있는 미생물에 의해 셀룰로스가 분해된다.

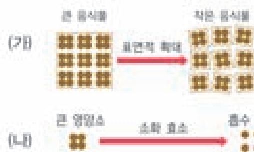
## 개념 적용하기

**1** 관련 있는 것끼리 선으로 연결하시오.

(1) 포도당 •     • ㉠ 빈혈
(2) 바이타민 C •     • ㉡ 아미노산
(3) 단백질 •     • ㉢ 베네딕트 용액
(4) 철분 •     • ㉣ 괴혈병
(5) 나트륨 •     • ㉤ 수단 Ⅲ 용액
(6) 지방 •     • ㉥ 고혈압

**2** 철수는 하루 동안 탄수화물 75 g, 단백질 80 g, 지방 200 g을 섭취하였다. 철수가 하루 동안 소비한 열량이 2,200 kcal라면 철수의 몸 상태는 어떻게 변했을까?

**3** 그림은 소화 과정을 나타낸 것이다.

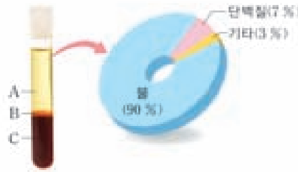



(1) (가)와 같은 방식의 소화가 일어나는 소화 기관을 두 개 쓰시오.

(2) 물질의 화학적 성질이 변하는 소화 과정은 어떤 것인지 기호를 쓰시오.

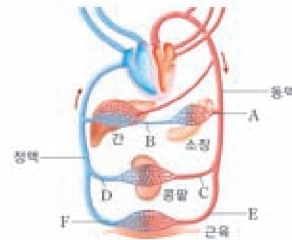
(3) (나)의 흡수 형태에 해당되는 것은?(정답 2개)
① 지방    ② 포도당
③ 철이온    ④ 아미노산
⑤ 바이타민 C

**4** 그림은 혈액을 원심 분리한 결과이다.




그림에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?
① A는 혈장이다.
② B에는 백혈구가 포함된다.
③ A보다 C에 산소가 더 많다.
④ 혈구의 대부분을 C가 차지한다.
⑤ C에는 지혈 작용을 하는 혈소판이 있다.

**5** 그림은 혈액 순환 경로를 나타낸 것이다.




(1) 식사를 한 후에 혈관 A와 혈관 B의 혈액에 포함된 포도당의 양을 비교하여 쓰시오.

(2) 혈관 C와 혈관 D의 혈액에 포함된 요소의 양을 비교하여 쓰시오.

(3) 혈관 E와 혈관 F의 혈액에 포함된 산소와 이산화 탄소의 양을 각각 비교하여 쓰시오.



## 개념 적용하기

**1** (1) ㉢ (2) ㉣ (3) ㉡ (4) ㉠ (5) ㉥ (6) ㉤

**2** 섭취량이 소비량보다 220 kcal 더 많아 체중이 증가한다.

[해설] 섭취한 열량 :
(75 g×4 kcal)+(80 g×4 kcal)
+(200 g×9 kcal)=2420 kcal
즉, 섭취한 열량−소비한 열량
=2,420 kcal−2,200 kcal
=220 kcal

**3** (1) 입, 위, 십이지장

[해설] (가)는 기계적 소화를 나타내며, 이로 씹는 과정과 위의 근육에 의한 소화 과정, 지방의 유화가 이에 해당한다.

(2) (나)

[해설] 소화 효소에 의한 소화 과정으로 큰 영양소가 작은 영양소로 분해된다.

(3) ②, ④

[해설] 탄수화물은 포도당으로 분해되어 흡수되고, 단백질은 아미노산으로 분해되어 흡수되며 지방은 지방산과 글리세롤로 분해되어 흡수된다.

**4** ⑤

[해설] 혈액을 원심 분리하면 혈장과 혈구로 분리된다. A는 혈장, B는 백혈구와 혈소판, C는 적혈구이며, 혈장은 혈액 성분 중 55 %를 차지하고, 혈구는 45 %를 차지한다.

**5** (1) A<B

[해설] B는 간문맥으로 소장에 있는 융털의 모세혈관으로 흡수된 수용성 영양소가 이동한다.

(2) C>D

[해설] 콩팥 동맥(C)을 통해 콩팥으로 들어온 혈액은 콩팥에서 노폐물이 걸러져 깨끗한 상태로 콩팥 정맥(D)을 통해 나간다.

(3) 산소: E>F, 이산화 탄소: E<F

[해설] 동맥(E)을 통해 모세 혈관으로 이동한 혈액은 조직 세포에 산소와 영양소를 공급하고 이산화 탄소와 노폐물을 받아 정맥(F)으로 나간다.

### ✚ 참고 자료 여러 종류의 음식물

**(1) 지방을 분해하는 음식들**

양파에는 케르세틴이라는 성분이 있어 지방 소화 효소의 작용을 억제하여 지방 흡수를 줄여 준다. 또한 양파는 혈중 콜레스테롤 수치를 낮추어 주기도 한다. 마늘도 혈액 속의 지방 함유량을 낮춰 주는 식품이다. 또 파나 고추는 지방을 분해하는 데 도움을 주며, 고추는 지방 분해를 도울 뿐만 아니라 엔도르핀 생성을 촉진시킨다.

**(2) 바이타민 C의 파괴**

우리가 즐겨 먹는 채소나 과일에는 바이타민 C가 풍부하게 들어 있는데, 갈아 마시면 대부분의 바이타민 C가 파괴된다. 채소에는 바이타민 C의 산화를 촉진하는 산화 효소가 들어 있는데, 금속과 접촉하는 조리 과정에서 활발하게 작용하여 바이타민 C를 파괴한다. 또 채소와 과일에 들어 있는 바이타민 C는 열에 약하므로, 바이타민 C를 온전히 섭취하기 위해서는 조리하지 않고 날것으로 먹는 것이 좋다.

## 개념 적용하기

**6** ④

[해설] 갈비뼈가 올라가고 횡격막이 내려가면 흉강의 부피가 증가하고 압력이 낮아진다. 그러므로 공기가 들어오는 들숨이 나타난다.

**7** ④

[해설] 암모니아는 독성이 강하기 때문에 그 상태로 운반, 배설되면 세포가 손상될 수 있어서 간에서 암모니아를 독성이 약한 요소로 바꾼다.

**8** 확산

[해설] 폐와 조직 세포에서 산소와 이산화 탄소는 모두 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 확산에 의해 이동한다.

**9** ㄷ, ㄹ

[해설] 콩팥은 횡격막 아래 등쪽에 좌우 1개씩 있으며, 오줌관은 콩팥과 방광을 연결하고, 오줌이 이동하는 통로이다.

**10** ②

[해설] A는 여과된 후 재흡수되는 물질, B는 여과 · 재흡수 · 분비가 전혀 이루어지지 않는 물질, C는 여과된 후 농축되는 물질이다.

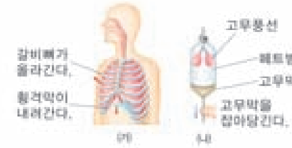
### 심화 학습 과로를 하면?

과로를 하거나 심한 운동을 하면 혈중 이산화 탄소의 농도가 높아져 pH가 일시적으로 낮아질 수 있다. 이는 과격한 운동으로 근육에 만들어진 젖산이 분해되기 위해 간으로 이동할 때, 혈액을 산성화시키기 때문이다.

그러나 혈액의 pH는 생명에 지장을 줄 정도로 낮아지지는 않는다. 왜냐하면 혈액에는 산성 물질이 들어와도 급격하게 pH가 변하지 않도록 하는 조절 장치가 있기 때문이다. 따라서 적혈구와 혈장에 있는 pH 조절 장치 때문에 과로를 하더라도 혈액의 산성도가 급격하게 변하지 않게 되어 우리 몸은 피로감을 느낄 뿐 생명이 위독해지지는 않는다.

## 개념 적용하기

**6** 그림 (가)는 호흡 운동이 일어날 때 몸의 변화를 나타낸 것이고, (나)는 호흡 운동의 원리를 알아보는 모형이다.




그림에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 날숨이 일어날 때이다.
② 폐의 부피가 감소한다.
③ 고무풍선은 횡격막에 해당한다.
④ 폐의 압력이 대기압보다 상대적으로 낮아진다.
⑤ 고무막을 잡아당기는 것은 갈비뼈가 내려가는 효과와 같다.

**7** 그림은 노폐물의 생성과 배설 경로를 나타낸 것이다.




A 과정이 일어나는 이유로 옳은 것은?

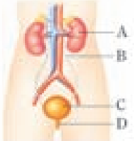
① 간에서 요소를 저장하고 있기 때문이다.
② 콩팥에서 암모니아는 배설되지 않기 때문이다.
③ 땀샘을 통해 요소를 배출할 수 있기 때문이다.
④ 암모니아는 독성이 강해 인체에 해롭기 때문이다.
⑤ 요소는 체액의 농도를 일정하게 유지해 주기 때문이다.

**8** 그림은 폐와 조직 세포에서 기체 교환이 일어나는 과정을 나타낸 것이다.




폐와 조직 세포에서 산소와 이산화 탄소가 교환되는 원리의 공통점은 무엇인지 설명하시오.

**9** 오른쪽 그림은 사람의 배설 기관을 나타낸 것이다. A~D에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.




보기

ㄱ. A는 콩팥으로서, 허리의 등쪽에 1개가 있다.
ㄴ. B는 세뇨관으로서, 재흡수가 일어나는 곳이다.
ㄷ. C는 방광으로서, 오줌을 저장하는 주머니이다.
ㄹ. D는 요도로서, 오줌이 몸 밖으로 나가는 통로이다.

**10** 표는 정상인의 혈장, 여과액, 오줌에 들어 있는 세 가지 성분 A, B, C의 농도를 나타낸 것이다.

(단위: g/100 mL)

| 성분 | 혈장 | 여과액 | 오줌 |
|---|---|---|---|
| A | 0.10 | 0.10 | 0.00 |
| B | 8.00 | 0.00 | 0.00 |
| C | 0.03 | 0.03 | 2.00 |

위 표에 대한 설명으로 옳은 것은?

① A는 사구체에서 보먼주머니로 여과되지 않는다.
② A는 여과된 후 모두 모세 혈관으로 재흡수된다.
③ B는 일부 여과되어 오줌으로 배설되는 물질이다.
④ B는 세뇨관에서 모세 혈관으로 100 % 재흡수된다.
⑤ C는 여과되지는 않지만, 분비되는 양이 아주 많다.

246 Ⅱ. 소화 · 순환 · 호흡 · 배설

### 과학 돋보기

**❀ 과식을 하면 숨이 가쁜 까닭**

우리가 숨을 들이마실 때에는 배가 앞으로 나오게 되는데, 이것은 횡격막이 밑으로 내려가 복강이 압력을 받기 때문이다. 그런데 과식을 하면 복강 속의 위가 늘어나 복강의 부피가 감소하므로 압력은 증가하게 된다. 따라서 횡격막이 복강 쪽으로 내려갈 때 평소보다 힘이 더 들게 되므로, 음식을 많이 먹으면 호흡이 어려워져 숨이 가빠지는 것이다.

**❀ 콩팥 이식**

콩팥의 기능이 나빠져서 약물이나 식이 요법만으로는 더 이상 건강 관리가 어려울 때, 자신의 콩팥 대신 다른 사람의 콩팥을 제공받는 수술을 콩팥 이식이라고 한다. 콩팥 제공자는 이식을 받는 환자와 혈액형이 같으면서 고혈압, 당뇨병, 콩팥 질환 등의 질환이 없어야 하며 환자와 조직이 적합하여야 한다. 때로는 뇌사자로부터 콩팥을 제공받기도 한다. 하지만 이식 후 우리 몸의 면역 체계가 이식받은 장기를 이물질로 인식해 이를 공격하는 이식 거부 반응이 일어나게 된다. 이를 억제하기 위해 사이클로스포린과 같은 면역 억제제를 사용하며, 점차 용량을 줄여 가면서 평생 동안 복용하게 된다.

## 개념 응용하기

탐구력 기르기

1) 쓸개를 제거한 사람에게 식사를 제공하려면 어떻게 식단을 구성해야 하는지 쓰시오.

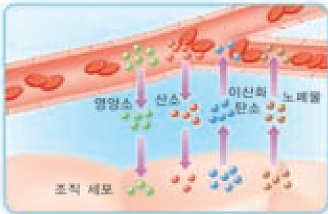
창의·인성 키우기

2) 그림은 시중에서 판매되는 먼지 제거 솔이다. 여러 개의 가느다란 섬유를 묶어 먼지를 제거하는 능력을 향상시킨 먼지 제거 솔을 소장의 융털과 연관지어 설명하시오.



탐구력 기르기

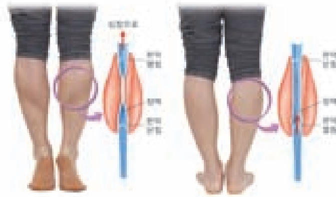
3) 그림은 모세 혈관과 조직 세포 사이의 물질 교환을 나타낸 것이다.




건강하게 살아가기 위해 혈액이 계속 순환해야 하는 이유를 간단히 설명하시오.

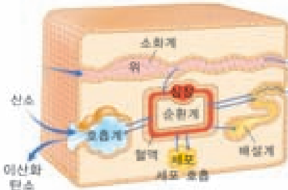
창의·인성 키우기

4) 그림은 다리 운동을 할 때 정맥을 통해 혈액이 이동하는 원리를 나타낸 것이다.



만약 오랜 시간 동안 움직이지 않고 서 있게 되면 뇌로 공급되는 산소가 부족해져서 갑자기 정신을 잃어 기절할 수도 있다. 그 이유를 위 그림을 참고하여 간단히 설명하시오.

5) 그림은 사람의 몸속에서 소화, 순환, 호흡, 배설 사이의 연관성을 나타낸 것이다.




탐구력 기르기

(1) 운동할 때 일어나는 근육 활동은 네 가지 기관(소화 기관, 순환 기관, 호흡 기관, 배설 기관)의 활동과 어떤 관련이 있는지 설명하시오.

과학 글쓰기

(2) 소화, 순환, 호흡, 배설의 네 과정을 유기적으로 연결할 수 있는 단어를 위 그림에서 찾아 쓰고, 그 단어를 포함한 문장을 작성하시오.

대단원 마무리 247

## 개념 응용하기

1) 지방이 적게 들어간 식단을 제공한다.
[해설] 쓸개는 간에서 분비된 쓸개즙을 저장하는 주머니이다. 쓸개즙은 지방을 유화시켜 라이페이스에 의한 지방 소화를 돕는 역할을 하기 때문에 쓸개를 떼어 낸 사람에게는 지방이 적게 들어간 식단을 제공해야 한다.

2) 먼지 제거 솔은 여러 가닥의 섬유를 묶어 먼지가 닿는 표면적을 넓게 하여 효율적으로 먼지를 제거할 수 있다. 이와 마찬가지로 소장에는 융털이 있어 음식물이 닿는 표면적이 넓어져 영양소를 효율적으로 흡수할 수 있다.

3) 우리 몸은 세포로 이루어져 있고 세포의 생명 활동을 위해서는 산소와 영양소가 필요하다. 따라서 조직 세포에 필요한 산소와 영양소를 공급하고, 세포의 생명 활동 결과 생긴 이산화 탄소와 노폐물을 신속하게 배출하기 위해서는 혈액 순환이 필요하다.

4) 심장에서 멀리 떨어진 정맥은 혈압이 낮기 때문에 정맥 주위의 근육 운동을 통해 혈액을 이동시킨다. 따라서 오랜 시간 동안 움직이지 않으면 혈액 순환이 잘 이루어지지 않고 뇌로 공급되는 혈액량이 줄어든다. 따라서 뇌로 공급되는 산소량이 부족해져 의식을 잃을 수도 있다.

5) (1) 근육 세포는 수축에 필요한 에너지를 얻기 위해 양분과 산소를 지속적으로 공급받고 노폐물을 지속적으로 내보내야 한다. 양분 흡수를 위해 소화 기관, 기체 교환을 위해 호흡 기관, 물질의 운반을 위해 순환 기관, 노폐물의 배설을 위해 배설 기관이 동시에 활동해야 한다.
(2) 세포 호흡. 세포 호흡이 일어나기 위해서는 소화계, 호흡계, 배설계, 순환계가 유기적으로 연관되어야 한다.



학습 자료실

### ❀ 다크서클이 생기는 이유

다크서클은 눈 아랫부분이 거무스름하게 그늘져 보이는 현상이다. 다크서클이 생기는 원인 중 하나는 혈액 순환 장애이다. 눈 아래에는 정맥이 있어 피곤하면 혈관이 수축하고 혈액이 제대로 순환하지 못해 검게 보인다. 눈 아래 피부 두께는 0.5 mm 정도로 1.5 mm 두께의 얼굴 피부보다 얇아 혈관이 더 잘 보인다. 눈가의 피부에 멜라닌 색소가 과다하게 축적될 때에도 다크서클이 생긴다.

### ❀ 암모니아나 요소가 우리 몸에 많이 쌓이면?

콩팥에서 질소 화합물이 소변을 통해 배출되지 못하여 암모니아나 요소의 혈중 농도가 비정상적으로 높아지면 요독증이라는 증세가 나타난다. 단백질 대사의 최종 노폐물은 혈액에 축적되지만 정상적인 경우 혈액이 콩팥을 통과하면서 걸러진다. 요독증은 콩팥 기능의 이상이나 소변의 체외 배출이 방해받는 질환 때문에 생긴다. 요독증의 증상은 다양하나 피로, 권태, 정신 집중 감퇴가 첫 번째 신호이다. 지속적으로 가려움증을 느끼기도 하고 근육 경련이 일어나기도 한다. 피부는 건조해지고 벗겨지기 쉬우며 황색에서 황갈색으로 변한다. 그리고 보통 식욕 감퇴와 구토, 설사, 변비가 번갈아 가며 계속된다.

# 대단원 평가문항 예시

[01~02] 〈보기〉의 설명은 어떤 영양소에 관한 것이다.

보기
- 1 g이 분해되면 4 kcal가 생성된다.
- 세포의 주 구성 물질이다.
- 효소나 일부 호르몬의 성분이 된다.

01 이 영양소의 이름으로 옳은 것은?

① 지방 ② 단백질 ③ 탄수화물
④ 바이타민 ⑤ 무기 염류

02 이 영양소를 검출하는 방법은?

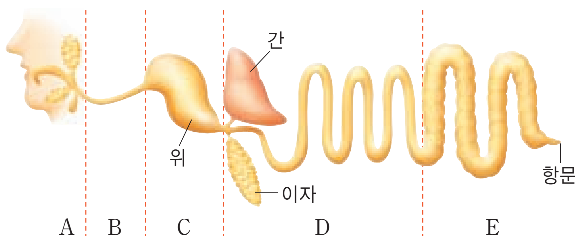
① 뷰렛 용액 사용
② 수단 Ⅲ 용액 사용
③ 베네딕트 용액 사용
④ 메틸렌 블루 용액 사용
⑤ 아이오딘–아이오딘화 칼륨 용액 사용

03 〈보기〉에 제시된 내용을 모두 포함하는 것은?

보기
- 음식물을 작은 덩어리로 쪼갠다.
- 음식물과 소화액을 혼합한다.
- 음식물을 이동시킨다.

① 화학적 소화 ② 기계적 소화
③ 영양소 검출 ④ 영양소 흡수
⑤ 접촉 면적 확대

[04~06] 그림은 소화 기관을 나타낸 것이다.




04 소화관에서 점액이 분비되지 않는 곳을 있는 대로 고른 것은?

① A, B ② B, C ③ C, D
④ D, E ⑤ 없다

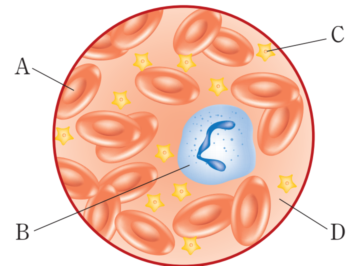
05 단백질의 화학적 소화가 일어나는 곳을 있는 대로 고른 것은?

① A, B ② B, C ③ C, D
④ D, E ⑤ A, C, D

06 E와 가장 관련이 적은 것은?

① 부패 ② 박테리아
③ 수분 흡수 ④ 기계적 소화
⑤ 화학적 소화

07 그림은 사람의 혈액을 현미경으로 관찰한 것이다.




〈보기〉에서 설명하고 있는 혈액 성분의 기호와 이름이 옳게 짝지어진 것은?

보기
네팔의 히말라야 지역에 살면서 등반 대원들의 짐을 운반하고 길을 안내해 주는 세르파들은 해안 지역에 사는 사람에 비해 혈액 속에 이 성분이 많아 산소 마스크를 쓰지 않고도 8,000 m 이상의 고산을 오르기도 한다.

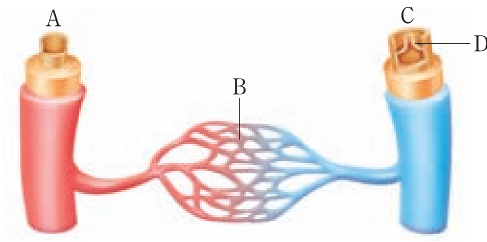
① A – 백혈구 ② A – 적혈구
③ B – 혈장 ④ C – 혈소판
⑤ D – 헤모글로빈

08 〈보기〉는 혈구를 관찰하기 위한 실험 과정의 일부이다. 이 과정을 거치면 잘 보이는 것은?

보기
받침 유리 위의 혈액에 김사액을 한 방울 떨어뜨리고 덮개 유리를 덮어 현미경으로 관찰한다.

① 적혈구 ② 혈소판
③ 헤모글로빈 ④ 백혈구의 핵
⑤ 혈장의 단백질

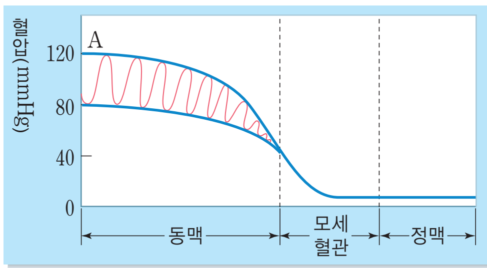
**09** 그림은 사람의 혈관을 나타낸 것이다.




A~D에 대한 설명으로 옳은 것은?

① A는 동맥으로서, B보다 두께가 얇다.
② B는 모세 혈관으로서, 혈액의 흐름이 매우 빠르다.
③ C는 정맥으로서, B보다 혈압이 높다.
④ D는 판막으로서, 혈액의 역류를 방지한다.
⑤ A~D 중 물질 교환이 이루어지는 곳은 D이다.

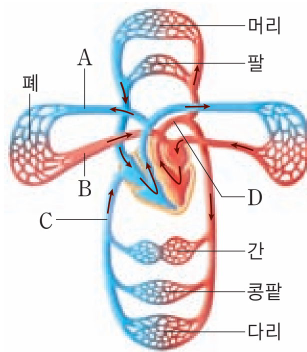
**10** 그림은 각 혈관에서 측정되는 혈압을 나타낸 것이다.




혈압이 A와 같을 때 일어나는 현상은?

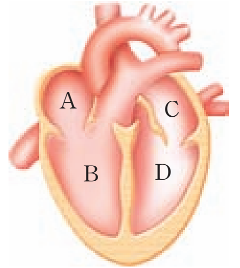
① 혈액이 대동맥으로 나간다.
② 혈액이 폐정맥으로 나간다.
③ 혈액이 우심실로 들어온다.
④ 혈액이 좌심실로 들어온다.
⑤ 혈액이 심실에서 심방으로 이동한다.

**11** 그림은 사람의 혈액 순환 경로를 나타낸 것이다. A~D 중에서 동맥혈이 흐르는 곳으로만 짝지어진 것은?




① A, B ② B, C ③ C, D
④ A, D ⑤ B, D

**12** 그림은 사람의 심장 구조를 나타낸 것이다. A~D에 대한 설명으로 옳은 것은?




① A와 C는 혈액을 혈관으로 내보내는 곳이다.
② B와 D에 있는 혈액은 산소를 풍부하게 포함하고 있다.
③ A와 B는 동맥과 연결되며 압력이 높다.
④ C와 D는 정맥과 연결되며 압력이 낮다.
⑤ D는 심장에서 벽의 두께가 가장 두껍다.

**13** 그림은 혈관벽에 콜레스테롤이 축적되어 좁아진 혈관의 단면 모습이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 빈혈의 주된 원인이 된다.
② 주로 모세 혈관에서 발견된다.
③ 혈액의 흐름이 원활하지 않게 된다.
④ 혈관의 통로가 좁아져 혈압이 떨어진다.
⑤ 혈관벽이 두꺼워 혈관의 탄력성이 강해진다.

**14** 그림과 같이 상자 오르내리기를 반복하면 심장 박동이 빨라지면서 심장이 두근거리는 것을 느낄 수 있다. 그 이유로 옳은 것은?

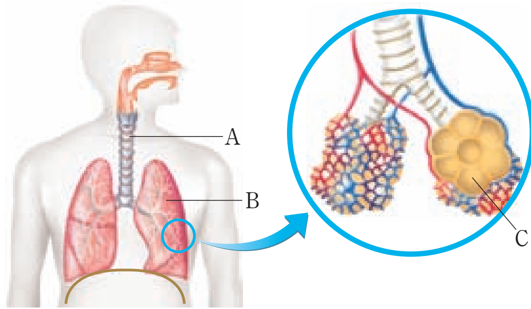


① 심한 운동으로 판막이 손상되기 때문이다.
② 심한 운동은 인체에 해롭다는 신호이다.
③ 심방에 있던 혈액이 심실로 역류하기 때문이다.
④ 심한 운동으로 혈관의 탄력성이 약해졌기 때문이다.
⑤ 운동을 할 때 근육에 많은 산소와 양분이 필요하기 때문이다.

**15** 사람의 호흡 기관에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 폐는 속이 꽉 차 있는 풍선 같은 모양이다.
② 폐에는 융털이 있어 표면적을 넓게 해 준다.
③ 폐에는 근육이 있어 부풀었다 줄어들었다 한다.
④ 폐포는 대동맥과 대정맥으로 둘러싸여 있다.
⑤ 코의 점액과 털, 기관지의 털에 의해 먼지나 이물질이 걸러진다.

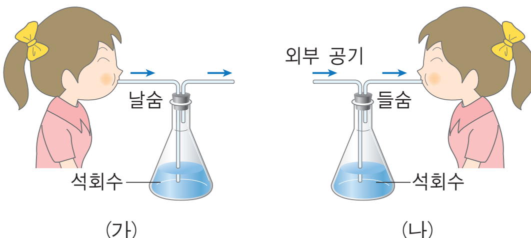
**16** 그림은 사람의 호흡 기관의 일부를 나타낸 것이다.




호흡 기관에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① A는 기관으로 섬모가 있어서 먼지를 걸러 낸다.
② B는 왼쪽이 오른쪽보다 조금 작다.
③ B는 갈비뼈와 횡격막으로 둘러싸여 있다.
④ C는 폐포로 여러 층의 세포로 되어 있다.
⑤ C는 표면적을 넓게 하여 기체 교환을 효율적으로 할 수 있도록 하는 구조이다.

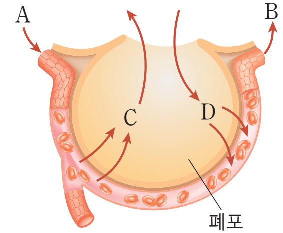
**17** 그림은 들숨과 날숨의 성분을 비교하는 것이다.




실험 결과 먼저 뿌옇게 흐려지는 플라스크는 어느 것이며, 뿌옇게 흐려지게 한 원인이 된 물질은?

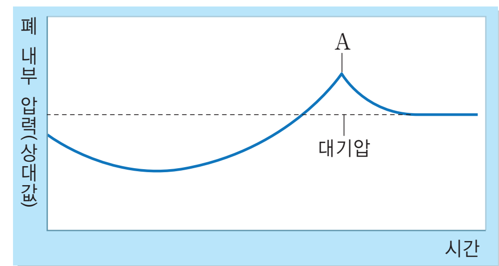
① (가) 산소
② (가) 이산화 탄소
③ (나) 산소
④ (나) 이산화 탄소
⑤ (가) 질소

**18** 그림은 폐포와 폐포를 둘러싸고 있는 모세 혈관을 나타낸 것이다. 설명으로 옳은 것은?




① A는 폐동맥으로 산소가 많은 혈액이 흐른다.
② B는 산소가 많은 혈액이 흐른다.
③ C는 날숨으로 들어오는 산소이다.
④ D는 날숨으로 들어오는 이산화 탄소이다.
⑤ 폐포에서의 기체 교환은 삼투압에 의해 이루어진다.

**19** 그래프는 호흡이 한 번 일어나는 동안 폐 내부의 압력 변화를 나타낸 것이다.




A 지점에서 일어나는 변화를 바르게 연결한 것은?

| | 횡격막 | 갈비뼈 | 호흡 |
|---|---|---|---|
| ① | 올라간다 | 내려간다 | 들이쉰다 |
| ② | 올라간다 | 내려간다 | 내쉰다 |
| ③ | 내려간다 | 올라간다 | 들이쉰다 |
| ④ | 내려간다 | 올라간다 | 내쉰다 |
| ⑤ | 올라간다 | 올라간다 | 내쉰다 |

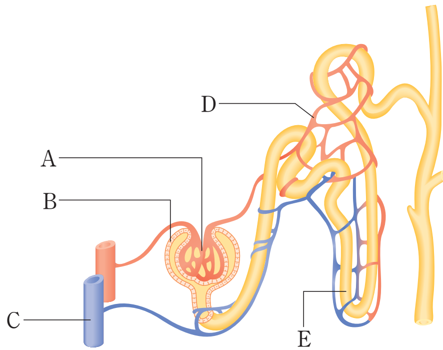
**20** 세포 호흡과 연소를 비교하여 나타낸 것으로 옳지 않은 것은?

| | 구분 | 세포 호흡 | 연소 |
|---|---|---|---|
| ① | 반응 물질 | 영양소, 산소 | 물질(연료), 산소 |
| ② | 생성 물질 | 물, 이산화 탄소, 에너지 | |
| ③ | 반응 온도 | 고온 | 저온 |
| ④ | 반응 속도 | 천천히 일어남. | 빠르게 일어남. |
| ⑤ | 에너지 방출 | 단계적으로 방출 | 한꺼번에 방출 |

**21** 배설에 해당되지 않는 현상은?

① 여분의 물을 오줌으로 내보낸다.
② 몸 안의 요소를 땀으로 내보낸다.
③ 쓰고 남은 염분을 땀으로 내보낸다.
④ 운동을 할 때 체내의 물을 땀으로 내보낸다.
⑤ 소화되지 않은 음식 찌꺼기를 대변으로 내보낸다.

**22** 그림은 콩팥의 일부를 나타낸 것이다.




A~E 중에서 혈액 속의 노폐물을 걸러 내는 네프론을 나타낸 것은?

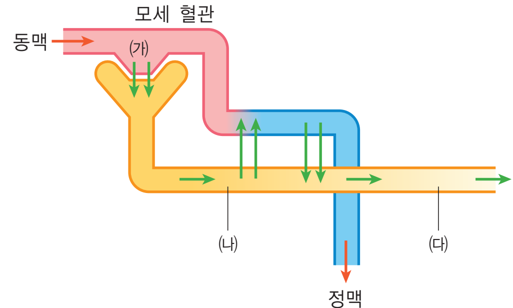
① A, B, C ② A, B, E ③ B, C, D
④ B, C, E ⑤ C, D, E

**23** 표는 건강한 사람의 혈장과 오줌의 성분 A~E를 나타낸 것이다. 이 중 요소에 해당하는 것은?

| 성분 | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 혈장(%) | 8.0 | 0.05 | 0.1 | 0.03 | 91.1 |
| 오줌(%) | 0 | 0 | 0 | 2 | 96.5 |

① A ② B ③ C
④ D ⑤ E

[24~25] 그림은 오줌의 생성 과정을 모식도로 나타낸 것이다.




**24** (가)에서 일어나는 작용으로 옳은 것은?

① 물질의 농도 차에 의한 여과 작용
② 물질의 확산에 의한 재흡수 작용
③ 혈액의 확산에 의한 재분비 작용
④ 혈액의 농도 차에 의한 여과 작용
⑤ 사구체의 높은 압력에 의한 여과 작용

**25** 정상인의 오줌 생성 과정에서 (나)와 (다)에 포함되어 있는 물질이 옳게 연결된 것은?

| | (나) | (다) |
|---|---|---|
| ① | 포도당, 요소 | 포도당 |
| ② | 무기 염류, 단백질 | 포도당, 요소 |
| ③ | 요소, 단백질 | 요소 |
| ④ | 포도당, 요소, 무기 염류 | 요소, 무기 염류 |
| ⑤ | 포도당, 요소, 무기 염류 | 포도당 |

**26** 건강한 사람의 오줌관에서 시료를 채취하여 〈보기〉의 용액으로 영양소 검출 반응을 실시했을 때, 색깔의 변화가 나타나지 않는 경우를 있는 대로 고른 것은?

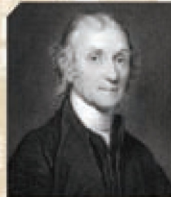
보기
ㄱ. 아이오딘 – 아이오딘화 칼륨 용액
ㄴ. 뷰렛 용액
ㄷ. 베네딕트 용액
ㄹ. 수단 Ⅲ 용액

① ㄱ, ㄴ ② ㄴ, ㄷ ③ ㄱ, ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

프리스틀리(Priestley, J. : 1733~1804)

영국의 신학자이자 화학자인 프리스틀리는 1774년에 산소를 발견하였다. 그는 일산화 질소, 이산화 질소 등의 질소 산화물과 염화 수소 기체도 발견하였고, 여러 가지 기체들의 특성을 연구하였다. 이산화 탄소의 성질을 연구하여 소다수를 처음 만든 사람도 프리스틀리이다.

그러나 프리스틀리는 산소를 발견한 과학자임에도 불구하고 물질이 탈 때 플로지스톤이라는 물질이 빠져나간다는 플로지스톤설을 신봉하기도 하였다.



248

# V 물질의 특성

◆ 이 단원에서는

정유 공장에서 원유를 가열하면 끓는점 차에 의해 여러 가지 물질이 분리된다.

이 단원에서는 우리 주변의 물질들을 순물질과 혼합물로 구별하고, 순물질이 갖는 여러 가지 물질의 특성과 그 측정 방법을 알아보자. 또한 물질의 특성을 이용하여 혼합물을 순물질로 분리하는 방법을 익히고, 이러한 방법이 실제로 활용되는 예를 알아보자.

1 여러 가지 물질의 특성

2 혼합물의 분리

249

## ▶ 단원의 개관

학생들은 초등학교 3~4학년군에서 몇 가지 간단한 방법으로 혼합물을 분리하는 방법에 대해 배웠으며, 5~6학년군에서는 용해 현상과 용액에 대해 학습하였다. 그리고 중학교 ①에서 물질의 상태와 상태 변화를 설명하면서 분자 개념을 도입하였으며, 상태 변화가 일어나는 동안의 온도 변화에 대해서도 학습하였다.

이 단원에서는 순물질과 혼합물의 개념을 알고, 물질을 순물질과 혼합물로 나누어 본다. 그리고 녹는점, 어는점, 끓는점, 밀도, 용해도와 같이 순물질이 가지는 고유한 물질의 특성과 그 측정 방법을 알아본다. 또한 물질의 특성을 이용하여 혼합물을 순물질로 분리하는 방법을 익히고, 이러한 방법이 실제로 활용되는 예를 알아본다.

## ▶ 단원 학습 위계

**이미 배운 내용**

| | |
|---|---|
| 초등학교 3~4학년군 | • 물체와 물질<br>• 혼합물의 분리 |
| 초등학교 5~6학년군 | • 용해와 용액 |
| 중학교 ① | • 분자 운동과 상태 변화 |



**이번에 배울 내용**

- 순물질과 혼합물
- 물질의 특성(녹는점과 어는점, 끓는점, 밀도, 용해도)
- 물질의 특성을 이용한 혼합물의 분리



**다음에 배울 내용**

| | |
|---|---|
| 중학교 ③ | • 화학 반응에서의 규칙성<br>• 여러 가지 화학 반응 |
| 고등학교 화학 Ⅱ | • 액체와 고체<br>• 용액 |

## 교육과정

### ■ 학습 내용 성취 기준

(가) 우리 주변에서 볼 수 있는 여러 물질들을 순물질과 혼합물로 구분하고 그 차이를 이해한다.
(나) 여러 가지 순물질의 녹는점과 어는점, 끓는점, 밀도, 용해도 등을 측정하고, 이들이 물질의 특성이 될 수 있음을 이해한다.
(다) 물질의 특성을 이용하여 혼합물을 분리한다.
(라) 우리 주변에서 사용되는 혼합물 분리의 예를 안다.

### ■ 탐구 활동

(가) 녹는점, 끓는점, 밀도, 용해도 등의 물질의 특성 측정하기
(나) 물질의 특성을 이용하여 혼합물 분리하기
(다) 우리 주변에서 사용되는 혼합물 분리의 예 찾아보기

## 단원 지도상의 유의점

1 순물질과 혼합물, 한 가지 원소로 이루어진 물질과 화합물, 균일 혼합물과 불균일 혼합물 등을 입자 수준에서 구별할 수 있도록 한다.
2 우리가 일상생활에서 접하는 물질들을 구별하는 방법이 물질의 특성을 이용하는 것임을 경험적으로 알 수 있도록 한다.
3 녹는점과 어는점, 끓는점의 측정은 정량적 실험이지만 실험 조건이나 측정상의 오차 등으로 실험값과 문헌값이 일치하지 않을 수 있다. 따라서 실험에 사용한 물질들을 구별할 수 있는 물질의 특성임을 확인할 수 있는 정도로만 실험 결과를 사용하고, 실험값이 문헌값대로 나오지 않는 것에 학생들이 연연해 하지 않도록 지도한다.
4 가열 도구를 사용할 때에는 실험 기구의 사용법을 충분히 익히도록 지도하고, 안전 사고에 대해 주의하도록 충분히 지도한다.
5 혼합물의 어는점과 끓는점에서 어는점 내림이나 끓는점 오름까지 다루지 않도록 한다.
6 압력과 끓는점의 관계도 경험적으로 알 수 있는 예를 제시하면서 정성적으로만 다루도록 한다.
7 밀도는 생활 속 경험이나 쉬운 예시 등을 충분하게 제공하여 밀도에 대한 기본 개념을 잘 이해할 수 있도록 한다.
8 용해도 곡선을 이용한 복잡한 계산 문제에 치중하지 않도록 주의한다.
9 증류는 끓는점 차를 이용하는 혼합물의 분리 방법이라는 정도로 간단히 다루도록 하고, 단순 증류 장치를 분별 증류 장치로 제시하지 않도록 주의한다.
10 분별 깔때기와 같은 새로운 실험 도구는 실제 실험에 사용하지 않더라도 학생들이 손으로 접해볼 수 있도록 한다.
11 용매 추출 과정의 원리까지는 다루지 않도록 한다.
12 크로마토그래피는 쉬운 수준에서 실험으로 제시하여 가장 기본적인 원리와 장점만 익히도록 하고, 여러 가지 종류가 있다는 정도로만 다루도록 한다.

## 참고 자료

### ■ 참고 도서_교사용

1. 날마다 일어나는 화학 스캔들 104(2005), Karukstis, K. K. 외 1저, 북스힐
2. 분석 화학(2012), Daniel C. Harris 저, 자유아카데미

### ■ 읽을 책_학생용

1. 과학 공화국 화학 법정 3(물질의 성질)(2007), 정완상 저, 자음과 모음
2. 캐번디시가 들려주는 물질의 특성 이야기(과학자가 들려주는 과학 이야기 시리즈 124)(2011), 김경은 저, 자음과 모음

### ■ 시청각 자료_internet

1. 한국 교육 학술 정보원: http://www.keris.or.kr
2. 한국 과학 창의 재단: http://www.kofac.re.kr

## ▶ 단원 지도 계획

| 중단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
|---|---|---|---|---|
| V-1 여러 가지 물질의 특성 | 1 순물질과 혼합물 | 10 | 1~2 /18차시 | • 순물질의 정의와 예<br>• 물질의 특성에 대한 정의와 물질의 특성이 될 수 있는 것과 없는 것 구별하기<br>• 혼합물의 정의와 예 |
| | 2 녹는점과 어는점 | | 3~4 /18차시 | • 탐구 활동: 스테아르산과 팔미트산의 녹는점과 어는점 측정<br>• 녹는점과 어는점이 물질의 특성임을 설명하기<br>• 순물질과 혼합물의 녹는점과 어는점 비교하기 |
| | 3 끓는점 | | 5~6 /18차시 | • 탐구 활동: MBL을 이용한 물과 에탄올의 끓는점 측정<br>• 끓는점이 물질의 특성임을 설명하기<br>• 압력에 따른 끓는점의 변화<br>• 순물질과 혼합물의 끓는점 비교하기<br>• 녹는점, 끓는점과 물질의 상태 |
| | 4 밀도 | | 7~8 /18차시 | • 탐구 활동: 액체의 밀도 측정<br>• 밀도가 물질의 특성임을 설명하기<br>• 순물질과 혼합물의 밀도 비교하기 |
| | 5 용해도 | | 9~10 /18차시 | • 탐구 활동: 용해도 측정<br>• 포화 용액, 불포화 용액, 용해도의 정의<br>• 용해도가 물질의 특성임을 설명하기<br>• 고체 및 기체의 용해도에 영향을 미치는 요인<br>• 퍼센트 농도의 정의 |
| V-2 혼합물의 분리 | 1 끓는점 차를 이용한 분리 | 7 | 11~12 /18차시 | • 증류의 원리와 혼합물 분리의 예<br>• 분별 증류의 원리와 혼합물 분리의 예 |
| | 2 밀도 차를 이용한 분리 | | 13~14 /18차시 | • 밀도 차를 이용한 고체 혼합물의 분리 방법과 혼합물 분리의 예<br>• 서로 섞이지 않는 액체 혼합물의 분리 방법과 혼합물 분리의 예 |
| | 3 용해도 차를 이용한 분리 | | 15~16 /18차시 | • 거름과 추출의 원리와 방법, 혼합물 분리의 예<br>• 재결정과 분별 결정의 원리와 방법, 혼합물 분리의 예<br>• 탐구 활동: 물질의 특성을 이용한 혼합물의 분리 |
| | 4 크로마토그래피 | | 17/18차시 | • 해 보기: 수성 사인펜의 색소 분리<br>• 크로마토그래피의 기본 원리와 장점<br>• 탐구 활동: 우리 주변의 혼합물 분리의 예 |
| 대단원 마무리 | | 1 | 18/18차시 | • 개념 정리하기, 개념 적용하기, 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
|---|---|---|---|
| 관찰<br>분류 | • 순물질과 혼합물을 분류할 수 있는지를 관찰법, 토론법으로 평가한다.<br>• 물질의 특성이 될 수 있는 것과 없는 것을 구별할 수 있는지를 토론법으로 평가한다. | 252～257 | 296～301 |
| 실험<br>토의 | • 고체의 녹는점과 어는점을 측정하는 실험 수행 능력과 결과 해석 능력을 관찰법, 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 녹는점과 어는점이 물질의 특성이라는 것과 녹는점, 어는점을 이용하여 순물질과 혼합물을 구별하는 능력을 토론법으로 평가한다. | 258～261 | 302～305 |
| 실험<br>토의 | • 액체의 끓는점을 측정하는 실험 수행 능력과 결과 해석 능력을 관찰법, 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 끓는점이 물질의 특성이라는 것과 끓는점을 이용하여 순물질과 혼합물을 구별하는 능력을 토론법으로 평가한다. | 262～267 | 306～311 |
| 실험<br>토의 | • 질량과 부피를 측정하여 고체와 액체의 밀도를 알아내는 실험 수행 능력과 결과 처리 능력을 관찰법, 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 밀도의 개념을 잘 설명할 수 있는지 관찰법, 토론법으로 평가한다. | 268～271 | 312～315 |
| 실험<br>자료 해석<br>토의 | • 고체의 용해도를 측정하는 실험 수행 능력을 관찰법, 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 용해도의 정의와 용해도 곡선이 의미하는 바를 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다.<br>• 기체의 용해도에 영향을 미치는 요인을 설명할 수 있는지 관찰법, 토론법으로 평가한다. | 272～277 | 316～321 |
| 관찰<br>자료 해석 | • 끓는점 차를 이용한 혼합물의 분리 방법을 설명할 수 있는지 관찰법, 토론법으로 평가한다. | 280～283 | 322～325 |
| 관찰<br>토의 | • 밀도가 서로 다른 고체 혼합물의 분리 방법을 설명할 수 있는지 관찰법, 토론법으로 평가한다.<br>• 밀도 차를 이용하여 액체 혼합물을 분리하는 방법을 설명할 수 있는지 관찰법, 토론법으로 평가한다. | 284～287 | 326～329 |
| 실험<br>토의 | • 용해도 차를 이용한 혼합물의 분리 방법을 설명할 수 있는지 관찰법, 토론법으로 평가한다.<br>• 물질의 특성을 이용하여 혼합물을 분리하는 실험 수행 능력을 관찰법, 실험보고서법으로 평가한다. | 288～293 | 330～335 |
| 관찰<br>토의 | • 크로마토그래피를 이용하여 물질을 분리하는 방법을 설명하고, 크로마토그래피의 장점을 설명할 수 있는지 토론법으로 평가한다. | 294～297 | 336～339 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 298～301 | 340～343 |

# 1-1 순물질과 혼합물

## 학습 내용 안내

(1) 우리 주변의 여러 가지 물질들을 순물질과 혼합물로 구분하고, 차이점을 설명하도록 한다.
(2) 순물질은 한 가지 원소로 이루어진 물질과 화합물로 구분한다.
(3) 물질의 특성이 무엇이며, 물질의 특성이 될 수 있는 성질과 없는 성질을 안다.
(4) 혼합물을 균일 혼합물과 불균일 혼합물로 나눈다.
(5) 순물질은 물질의 특성이 일정하고, 혼합물은 물질의 특성이 일정하지 않다는 것을 알도록 한다.

## 학습 전개

물질이 순수하다는 것이 어떤 의미인지 생각하게 하고, 순물질의 예를 들 수 있게 한다.



순물질을 한 가지 원소로 이루어진 물질과 화합물로 나눌 수 있다는 것을 알고, 각 물질의 예를 들 수 있게 지도한다.



겉보기 성질과 같이 순물질이 나타내는 일정한 성질들이 물질의 특성임을 알게 하고, 물질의 특성이 될 수 있는 것과 없는 것을 설명할 수 있게 한다.



혼합물의 정의를 알게 하고, 균일 혼합물과 불균일 혼합물의 예를 들 수 있게 지도한다.

**찾아보기**

- LG 사이언스랜드 http://www.lg-sl.net
- 누구나 화학 생활 속에서 재미있게 배우는 화학 백과사전(2012), 위르겐 블레커, Gbrain
- 교실 밖 화학 이야기(2006), 진정일, 양문

Ⅰ. 물질의 특성

# 1-1 순물질과 혼합물



텔레비전을 보면 신선한 과일이나 채소만을 직접 갈아서 만든 100 % 순수한 주스라고 광고하는 경우가 종종 있다. 이 밖에도 순수한 천연 벌꿀 등과 같이 여러 가지 종류의 제품에서 '100 %', '순수한'이라는 말을 많이 접하게 된다. 이 경우 순수하다는 것은 과학적으로 순수하다는 것과는 다른 의미이다.

과학적으로 물질이 순수하다는 것은 어떤 의미일까?

**학습 목표**

- 우리 주변의 여러 가지 물질들을 순물질과 혼합물로 구분하고, 차이점을 설명할 수 있다.
- 혼합물을 균일 혼합물과 불균일 혼합물로 나눌 수 있다.

### 순물질

오렌지나 사과, 당근 등과 같은 과일이나 채소를 직접 갈아서 만든 주스라고 해도 한 종류의 물질만으로 이루어진 것은 아니다. 그 안에는 물, 섬유질, 색이나 맛을 내는 물질 등 여러 가지 물질이 섞여 있다.

물질이 순수하다는 것은 다른 물질이 섞이지 않고 한 가지 물질로 되어 있는 것을 말하며, 이와 같은 물질을 **순물질**이라고 한다.

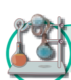
우리 주변에는 어떤 순물질들이 있을까?

흔히 화학 약품보다는 천연 물질이 더 순수하다고 생각할 수 있으나, 자연 그대로 존재하는 대부분의 물질들은 여러 가지 물질이 섞여 있으며, 오히려 실험실의 약품들이 순물질인 경우가 많다.



그림 Ⅰ-1 시약장의 약품

252 Ⅰ. 물질의 특성



## 학습 자료실

### 물질의 순도

자연에서 접하는 물질 중 순물질은 없다. 순금으로 되어 있는 금괴의 경우에도 99.99 %라고 기록되어 있으며, 그 순도를 100 %라고 기록하지 않는다. 증류수의 경우에도 증류 과정만으로 물에 들어 있는 이온들이 충분히 제거되지 않는 경우가 많기 때문에 여러 단계를 거쳐야 순수한 물을 얻어서 실험에 사용할 수 있다. 실험실에서 사용하는 약품들은 순물질로 볼 수 있으나 이것들도 순도 100 %는 아니다. 예를 들어 염화 나트륨(NaCl)의 시약병에 표기되어 있는 것을 잘 살펴보면 'Assay Min 99.0 %'와 같은 표시를 볼 수 있다. 이것은 순도 99.0 % 이상이라는 표시이며, 시약으로서 충분한 순도이다. 불순물로 들어 있을 가능성이 있는 몇 가지 이온이나 물질들의 함량도 함께 표기하는데, 이 염화 나트륨에 다른 불순물은 거의 없는 것을 볼 수 있다.

| Certificate of Analysis | |
|---|---|
| Assay | Min 99.0 % |
| Solubility in water | To pass test |
| Iodine & Bromine | To pass test |
| Phosphate($PO_4$) | Max 0.001 % |
| Sulfate($SO_4$) | Max 0.005 % |
| Calcium(Ca) | Max 0.003 % |
| Barium(Ba) | Max 0.002 % |
| Lead(Pb) | Max 0.001 % |
| Iron(Fe) | Max 0.001 % |

염화 나트륨 시약병에 기록되어 있는 내용

순물질에는 실험실에서 사용하는 증류수, 에탄올, 염화 나트륨, 아이오딘 등과 같은 물질 외에도 음식을 만들 때 사용하는 설탕도 있다. 또 반지나 목걸이를 만들 때 사용하는 다이아몬드나 금, 연필심으로 사용하는 흑연, 공기에 포함되어 있는 산소나 이산화 탄소 등도 순물질이다.

순물질은 다시 한 가지 원소로 이루어진 물질과 화합물로 나눌 수 있다.

**한 가지 원소로 이루어진 물질**은 더 이상 분해되지 않는 물질의 구성 성분으로서 나트륨, 아이오딘, 다이아몬드, 금, 산소 등이 있다. 그러나 자연계에 존재하는 순물질은 한 가지 원소로 이루어진 물질보다 두 가지 이상의 원소로 이루어진 물질이 훨씬 많다. 예를 들어 물은 산소와 수소가 단순히 섞여 있는 물질이 아니라 산소와 수소가 결합하여 만들어진 새로운 순물질이다. 따라서 산소나 수소의 성질을 나타내지 않고 물 고유의 성질을 나타낸다.

이렇게 두 가지 이상의 원소가 결합하여 새롭게 만들어진 순물질을 **화합물**이라고 한다. 자연계에 존재하는 원소는 92종류이지만, 화합물의 종류는 매우 많으며 계속 새로운 물질이 발견되거나 만들어져 그 종류가 점점 더 많아지고 있다.

용어 **증류수** 물을 가열했을 때 발생하는 수증기를 냉각시켜 정제된 물이다.

용어 **한 가지 원소로 이루어진 물질** 홑원소 물질이라고도 한다.

생각 넓히기 주변에서 볼 수 있는 물질 중 한 가지 원소로 이루어진 물질과 화합물의 예를 각각 두 개씩만 써 보자.




그림 1-2 순물질의 종류

1. 여러 가지 물질의 특성 253

## 관련 지식

### 금의 함량

귀금속 매장에 가면 반지, 목걸이 등 금으로 만든 장신구들이 많이 있다. 이러한 장신구들은 얼핏 보기에는 같아 보이지만, 자세히 보면 색깔이 조금씩 다른 것을 알 수 있다. 금으로 만든 장신구에는 금의 함량에 따라 24 K, 18 K, 14 K 등의 기호를 표시한다. K는 순금의 함량을 나타내는 단위인 Karat(캐럿)의 약자로, 24 K는 99.9 %, 18 K는 75 %, 14 K는 58.3 %의 금이 각각 포함되어 있다. 즉, 숫자가 작을수록 금의 함량이 낮은 것이다. 이와 같이 금으로 만든 장신구는 순금으로 만든 것 외에도 금에 다른 금속을 섞어 만든 것이 있다.



### 한 가지 원소로 이루어진 물질(홑원소 물질)과 화합물

(1) **한 가지 원소로 이루어진 물질** 헬륨이나 아르곤과 같이 원자 한 개로 이루어진 물질도 있고 수소나 산소, 오존과 같이 일정한 개수의 원자가 결합하여 분자를 형성한 물질도 있다. 이때 수소와 산소는 두 개의 원자로 이루어져 있고, 오존은 세 개의 원자로 이루어져 있다. 그리고 금이나 철, 다이아몬드와 같이 한 가지 종류의 원자가 계속 결합되어 있는 물질도 있다.

(2) **화합물** 물이나 이산화 탄소와 같이 두 가지 이상의 원자가 결합하여 생성된 분자로 이루어진 물질도 있고, 염화 나트륨과 같이 서로 다른 원자가 일정한 개수비로 계속 결합하여 이루어진 물질도 있다. 이와 같이 화합물은 두 가지 이상의 원자가 일정한 비율로 결합되어 있다.

## 과학 돋보기

### 원소의 종류와 화합물의 종류

(1) **원소의 종류** 주기율표에서 볼 수 있는 원소는 원자 번호 1번부터 118번까지이다. 이 중에서 IUPAC(국제 순수 · 응용 화학 연합)이 2010년 2월 공식적으로 코페르니슘으로 명명한 112번까지가 공인된 원소이다. 자연계에 존재하는 원소는 92번 우라늄까지로 흔히 알려져 있으며, 그보다 원자 번호가 큰 원소들은 여러 연구소에서 합성한 원소들이다. 92번 이내의 원소 중에서도 43번 테크네튬, 61번 프로메튬, 85번 아스타틴, 86번 라돈, 87번 프랑슘, 93번 넵투늄, 94번 플루토늄 등은 우주나 지구의 지각, 광물 등에서 존재량이 거의 없는 원소들이다. 이들은 우라늄이나 라듐과 같은 방사성 원소가 붕괴될 때 생성되어 지구에 존재할 것으로 여겨지나 그 양은 미미하다. 최근에 합성되는 새로운 원소들은 합성 자체가 매우 어려워서 최초의 합성에서 공인될 때까지 보통 10년 이상 걸린다.

(2) **화합물의 종류** 탄소(C)를 기본으로 하여 수소(H), 질소(N), 황(S) 등이 결합되어 만들어진 물질을 탄소 화합물이라고 한다. 이 탄소 화합물의 경우만 보아도 그 결합 방법을 볼 때 생성 가능한 물질은 무한히 많다. 그리고 자연에 전혀 존재하지 않는 새로운 물질을 만들어 내기도 하므로 화합물의 종류는 매년 더 많아지고 있다.

## 잠깐 체크

- 한 가지 원소로 이루어진 물질: 순금 반지, 은수저, 알루미늄박, 풍선 안의 헬륨 기체, 쇠로 된 못 등
- 화합물: 물, 설탕, 정제 소금, 드라이아이스, 황산, 포도당, 황산 구리 등

과학돋보기 

❀ 겉보기 성질

(1) **겉보기 성질**　초등학교 3~4학년군 과정의 물체와 물질, 혼합물의 분리 단원에서 학습한 내용이다. 사람의 감각이나 간단한 도구를 이용하여 물질을 구별할 수 있는 성질이 겉보기 성질이다. 물질을 구별할 수 있는 성질인 물질의 특성 중 간단한 성질인 겉보기 성질의 한계점을 인식하고, 다양한 물질의 특성으로 사고를 확장할 수 있도록 한다.

① **겉보기 성질의 예**: 사람의 감각을 이용하여 물질을 구별할 수 있는 겉보기 성질에는 색깔과 광택, 냄새, 맛, 촉감, 굳기 등이 있다. 감각 기능을 조금 더 확장시키기 위해 간단한 도구를 사용하여 구별할 수 있는 성질도 겉보기 성질이라고 할 수 있다.

② **결정 모양**: 고체 물질의 경우 결정 모양으로도 구별할 수 있다. 설탕과 소금은 크기가 작을 경우에는 비슷하게 생긴 흰색 가루이므로 결정 모양이 잘 보이지 않지만 돋보기를 이용하여 결정을 확대하여 관찰하면 결정 모양이 서로 다르기 때문에 구별할 수 있다.

③ **자성**: 자석에 붙거나 붙지 않는 성질인 자성은 간단한 도구를 이용하여 구별할 수 있는 대표적인 겉보기 성질이다. 자석에 붙는 물질은 철 외에도 금속 코발트, 금속 니켈 등 여러 가지가 있다. 이 물질들은 외부에 자기장이 없을 때에도 자발적인 자화가 나타나는 강자성 물질들로, 대부분의 자석은 강자성 금속들의 합금으로 만든다. 반면, 자석을 만드는 데 사용할 수 없지만 외부 자기장에 끌리는 물질도 있는데 이런 물질은 상자성 물질이라고 하며, 액체 산소에서 상자성을 관찰할 수 있다.

④ **연성**: 힘을 가했을 때 물체가 늘어나는 성질로, 겉보기 성질에 해당한다. 물체를 가공하는 데 있어서 아주 중요한 성질이며 같은 물체일지라도 온도나 습도 등의 영향을 크게 받는다. 백금, 금, 은, 구리 등의 금속이 주로 가지고 있다.



**물질의 특성**

음식 만들 때 사용하는 소금, 설탕, 밀가루, 고춧가루, 카레 가루, 후춧가루가 있다고 가정하자. 이 여섯 가지 가루를 어떻게 구별할 수 있을까?

이들은 음식에 들어가는 재료이기 때문에 맛을 보면 각각 어떤 가루인지 구별할 수 있다. 그리고 고춧가루는 빨간색을 띠면서 매운 냄새가 나고, 카레 가루는 노란색을 띠면서 특유의 냄새가 난다. 후춧가루는 대부분 진회색을 띠며, 약간 매콤한 냄새가 나기 때문에 색깔과 냄새만으로도 쉽게 구별이 가능하다. 그러나 소금, 설탕, 밀가루는 모두 흰색으로 비슷하고 냄새가 없기 때문에 손으로 만져 보거나 결정 모양을 자세히 관찰해야 구별할 수 있다.




❶ 그림 Ⅰ-3 흰색 가루의 결정 모양 비교

이와 같이 시각, 후각, 촉각 등과 같은 사람의 감각이나 돋보기와 같은 간단한 도구를 사용하여 구별할 수 있는 물질의 성질을 **겉보기 성질**이라고 한다. 그리고 어떤 물질을 다른 물질과 구별할 수 있게 해 주는 물질 고유의 성질을 **물질의 특성**이라고 한다.

그러나 맛, 색깔, 냄새, 모양 등의 겉보기 성질만으로 알 수 있는 물질의 특성은 매우 제한적이고, 그 특성을 정확하게 표현하기도 어렵다. 또 어떤 물질은 맛을 보면 안 될 뿐만 아니라 냄새를 맡거나 손으로 만지기만 해도 매우 위험할 수 있다.

따라서 몇 가지 간단한 조작을 통해 물질의 성질을 알아보기도 한다. 자석을 이용하여 물질이 자석에 붙는지를 알아보거나 전원 장치를 연결하여 전기가 통하는지, 물에 넣었을 때 녹는지, 힘을 가했을 때 부서지는지 늘어나는지 등을 관찰함으로써 다른 물질들과 구별되는 물질 고유의 특성을 알아볼 수도 있다.

254　Ⅰ. 물질의 특성

(2) **겉보기 성질로 물질 구별하기**

| 겉보기 성질 | 예 | 겉보기 성질 | 예 |
|---|---|---|---|
| 색깔 | 황(노란색), 황산 구리(파란색) | 촉감 | 밀가루(부드러움), 소금(거침) |
| 냄새 | 식초(신 냄새), 에탄올(술 냄새) | 굳기 | 다이아몬드(단단함), 석고(무름) |
| 맛 | 소금(짠맛), 설탕(단맛) | 결정 모양 | 석영(육각기둥), 소금(정육면체) |

(3) **겉보기 성질의 확장**　겉보기 성질은 대부분 정성적인 특성을 관찰하므로 비슷한 성질을 가지는 경우 물질을 구별하기 어렵다. 따라서 어떤 경우에는 정량적으로 그 성질을 나타낼 필요가 있다. 예를 들어 전기가 통하거나 통하지 않는 정도로 물질을 나타내는 것보다 전기 전도나 저항을 측정하여 나타내면 그 물질의 고유한 특성으로 표현하기에 더 적절하다.

(4) **다른 물질이 같은 특성을 가지는 경우**　소금과 설탕, 밀가루는 모두 흰색이고 실험실에서 사용하는 약품들도 흰색인 것이 많다. 이 경우에는 색깔로 물질을 구별할 수 없으므로 색깔은 물질의 특성이 될 수 없는 것처럼 보인다. 그러나 서로 다른 물질들이 공통된 성질을 가질 수 있으며, 물질이 가지는 특성은 여러 가지가 있으므로 이 특성들이 모두 같을 때 같은 물질이라고 할 수 있다.




그림 Ⅰ-4 철의 몇 가지 성질

물질의 양을 나타내는 질량은 물질의 특성일까?

각설탕 한 개의 질량이 3 g인 경우 같은 종류의 각설탕 세 개의 질량을 재어 보면 9 g이 된다. 각설탕의 양이 많으면 질량이 커지고, 양이 적으면 질량은 작아진다. 이처럼 질량은 물질의 양에 따라 그 크기가 달라진다.




그림 Ⅰ-5 각설탕의 수에 따른 질량 비교

> **스스로 해결하기**
> 어떤 물질을 다른 물질과 구별할 수 있게 해 주는 물질 고유의 성질을 (　　　)(이)라고 한다.

부피도 마찬가지이다. 20 mL의 물이 담긴 눈금 실린더에 20 mL의 물을 더 넣으면 물의 부피는 40 mL가 되며, 물의 양에 따라 부피가 달라진다.

온도는 물질의 양에 따라 그 크기가 달라지지 않지만 물질의 특성이 될 수 없다. 50 mL의 물이 들어 있는 비커에 같은 온도의 물 50 mL를 더 넣어도 물의 온도는 변하지 않는다. 그러나 물을 가열하거나 냉각하면 온도가 달라진다. 물 이외의 다른 물질들도 가열 또는 냉각 과정에 따라 온도가 달라지기 때문에 온도는 물질의 특성이 될 수 없다.

이와 같이 물질의 특성이 될 수 없는 것에는 질량과 부피, 온도 외에도 길이, 넓이, 압력 등이 있다.



## 과학 돋보기

### 크기 성질과 세기 성질

(1) **크기 성질** 　크기 성질은 물질의 양이 달라지면 그 크기가 달라지는 성질로 질량, 부피, 길이, 무게 등이 있다. 예를 들어 물질의 양이 2배가 되면 질량이나 무게는 2배가 되고, 온도와 압력이 같다면 기체의 경우 물질의 양이 2배가 되면 부피도 2배가 된다. 이와 같은 크기 성질은 물질의 양에 따라 달라지므로 물질의 특성이 될 수 없다.

(2) **세기 성질** 　세기 성질은 물질의 양과는 관계없이 일정한 값을 가지는 성질로 밀도, 녹는점, 어는점, 끓는점, 용해도, 온도, 비열 등이 있다. 세기 성질은 물질마다 고유한 값을 나타내므로 대부분 물질의 특성이다. 그러나 세기 성질이 모두 물질의 특성인 것은 아니다. 예를 들어 온도는 물질의 양에 관계없이 일정하다. 그러나 다른 물질과 서로 접촉하면 열이 이동하여 같은 온도가 될 수 있고, 같은 물질도 여러 온도로 변화될 수 있으므로 온도는 물질의 특성이 될 수 없다. 기체의 압력도 세기 성질이지만 물질의 특성이 될 수 없다. 한편, 비열은 세기 성질인 데 비해 열용량은 크기 성질인 것에 주의해야 한다. 비열은 1 g의 온도를 1℃ 높이는 데 필요한 열에너지의 크기이므로 세기 성질이지만, 열용량은 주어진 양의 물질(또는 물체)의 온도를 1℃ 높이는 데 필요한 열에너지로 양이 2배가 되면 열용량도 2배가 되므로 크기 성질이다.

## 학습 자료실

### 물질의 특성의 예

(1) 물질의 특성이 될 수 있는 성질

① 물리적 성질: 색깔, 냄새, 맛, 촉감, 굳기, 결정, 자성, 끓는점, 녹는점(어는점), 표면 장력, 밀도, 물에 대한 용해도, 전기 전도도, 저항, 비열, 빛에 대한 굴절률, 인장 강도(양쪽에서 잡아당겼을 때 버티는 힘의 크기) 등

② 화학적 성질: 다른 물질과의 반응성, 인화성, 수용액의 액성(산성, 염기성) 등

(2) 물질의 특성이 될 수 없는 성질

① 크기 성질: 질량, 무게, 부피, 길이, 열용량 등

② 세기 성질: 온도, 압력 등

## 과학 돋보기

### 물질의 화학적 성질

이 단원에서는 물질의 물리적 성질을 주로 다루게 되나 물질의 화학적 성질도 물질의 중요한 특성이다. 예를 들어 금속의 반응성은 금속의 중요한 화학적 성질이다. 금이나 은 같은 금속은 물에 넣어도 반응하지 않고, 공기 중에서도 거의 부식되지 않는다. 이에 비해 철은 물과는 쉽게 반응하지 않아도 공기 중에서는 부식되기 쉬우며, 나트륨은 찬물과도 매우 격렬하게 반응한다. 이와 같은 화학적 성질들은 중학교 ③에서 배우게 되는 화학 변화에 대한 학습이 선행되어야 하므로 화학적 성질을 중학교 ②에서 다루기 어렵다. 그러나 어떤 물질이 인체에 해롭다거나 인화성이 있다는 것 등과 같이 생활 속에서도 물질의 화학적 성질에 대해 언급하는 예가 많이 있으므로, 물질의 특성이 물리적 성질에만 한정된 것은 아니라는 사실을 인식할 수 있게 한다.

> **스스로 해결하기**
> 어떤 물질을 다른 물질과 구별할 수 있게 해 주는 물질 고유의 성질을 ( 물질의 특성 )(이)라고 한다.



## ❀ 순물질과 혼합물의 특징

(1) **순물질의 특징**　순물질은 자신만의 고유한 성질을 가지고 있다. 즉, 물질의 양에 관계없이 녹는점, 끓는점, 밀도 등이 일정하다. 그리고 순물질은 물리적인 방법으로는 더 이상 분리할 수 없다.

(2) **혼합물의 특징**　혼합물은 성분 물질이 단순히 섞여 있기만 하므로 성분 물질의 성질을 그대로 가지고 있다. 예를 들어 설탕물에서 설탕 분자는 그대로 있으므로 설탕의 단맛은 그대로 유지된다. 그리고 혼합물은 성분 물질의 혼합 비율에 따라 녹는점, 끓는점, 밀도 등이 달라진다. 예를 들어 물에 소금의 양을 달리하여 녹였을 때 소금의 양에 따라 소금물의 짠맛이 다르고, 물에 방울토마토를 넣으면 가라앉지만, 소금을 녹인 물은 밀도가 커져서 방울토마토가 위로 떠오르는 것처럼 물에 녹인 소금의 양에 따라 소금물의 성질이 달라진다. 혼합물은 가열, 거름, 추출 등의 물리적인 방법으로 쉽게 분리할 수 있다.

## ❀ 물질의 분류

(1) **순물질**　한 종류의 물질만으로 이루어진 물질로, 더 이상 분리할 수 없다.

① 한 가지 원소로 이루어진 물질(홑원소 물질): 한 가지 원소로만 이루어진 순물질이다.

예 다이아몬드, 금, 산소, 철, 흑연 등

② 화합물: 두 가지 이상의 원소가 결합하여 만들어진 순물질로, 화합물을 분해하면 한 가지 원소로 이루어진 물질을 얻을 수 있다.

예 물, 염화 나트륨, 이산화 탄소 등

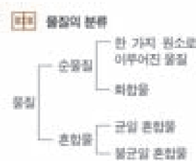
(2) **혼합물**　두 종류 이상의 순물질이 본래의 성질을 가지고 섞여 있는 물질로, 혼합물을 분리하면 순물질을 얻을 수 있다.

① 균일 혼합물: 각 성분이 고르게 섞여 있는 혼합물이다.

예 공기, 식초, 바닷물, 청동, 설탕물 등

② 불균일 혼합물: 각 성분이 고르지 않게 섞여 있는 혼합물이다.

예 혈액, 화강암, 콘크리트, 흙탕물 등




**혼합물**

물에 소금을 녹인 소금물은 맛을 보면 소금의 짠맛이 나고, 물에 설탕이 녹아 있는 설탕물은 단맛이 난다.

또 우리가 즐겨 마시는 사이다에는 물이 가장 많고 설탕, 이산화 탄소, 시트르산 등이 섞여 있다. 간장이나 식초에도 물이 가장 많이 들어 있으며, 간장에는 소금을 비롯하여 콩에서 얻을 수 있는 단백질 등 매우 많은 종류의 성분들이 포함되어 있다. 식초 역시 신맛을 내는 아세트산과 아주 적은 양의 알코올, 곡물에서 나온 여러 가지 물질들이 조금씩 섞여 있다.



❍ 그림 Ⅰ-6 혼합물의 예

이와 같이 두 가지 이상의 순물질이 본래의 성질을 그대로 가지고 섞여 있는 것을 **혼합물**이라고 한다.

순물질은 다른 물질과 구별되는 고유한 성질을 가진다. 그러나 혼합물은 성분 물질들이 순물질의 성질을 그대로 가지고 섞여 있기 때문에 각 순물질의 성질이 혼합되어 나타나며, 순물질의 혼합 비율에 따라 성질이 다르게 나타나기도 한다.

혼합물은 혼합된 상태에 따라 두 가지로 나눌 수 있다. 설탕이 물에 녹으면 설탕을 이루는 알갱이는 물에 고르게 퍼져 알갱이가 보이지 않는다. 마치 전체가 하나의 물질인 것처럼 보이며 각 순물질을 구별할 수 없다. 이에 비해 오렌지 주스는 각 성분 물질들이 고르지 않게 섞여 있으며, 시간이 지나면 가라앉는 물질도 생긴다.



❍ 그림 Ⅰ-7 균일 혼합물과 불균일 혼합물

256 Ⅰ. 물질의 특성

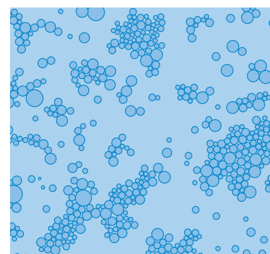


## ❀ 불균일 혼합물인 우유

소금물, 설탕물, 공기, 바닷물 등이 균일 혼합물이고, 피자나 화강암 등이 불균일 혼합물이라는 것은 쉽게 알 수 있다. 그런데 우유는 균일 혼합물일까, 불균일 혼합물일까?

유리잔에 들어 있는 우유의 윗부분과 아랫부분에 포함된 성분 비율은 별로 다르지 않다. 화강암에서 석영, 장석, 운모가 맨눈으로 구별되는 것과는 달리 우유는 성분 물질들이 쉽게 구별되지 않으므로 일상생활에서는 우유를 균일 혼합물로 받아들여도 된다. 그러나 화학적으로 '균일하다' 는 것은 이온 또는 분자 단위로 물질들이 떨어져서 고르게 섞인 상태이다.

우유를 현미경으로 관찰하면 물에 녹지 않는 지방이나 매우 큰 분자인 단백질이 우리 눈에 보이지 않을 정도의 작은 크기로 적당히 뭉쳐져서 물속에 퍼져 있다. 이것을 에멀션이라고 하는데, 물과 기름이 완전히 분리된 상태도 아니고 분자 단위로 완전히 섞인 것도 아니다. 비슷한 예로는 마요네즈나 화장품의 로션, 크림 등이 있다.


❍ 우유 속 기름이 알갱이로 뭉쳐 물에 퍼져 있는 모양

설탕물처럼 각 성분 물질이 고르게 섞여 있는 혼합물을 **균일 혼합물**이라고 하고, 오렌지 주스처럼 각 성분 물질이 고르지 않게 섞인 혼합물을 **불균일 혼합물**이라고 한다. 균일 혼합물은 어느 부분을 취하여도 성분 비율이 같아서 색깔, 맛 등의 성질이 같고 오랫동안 두어도 가라앉는 것이 없다. 그러나 불균일 혼합물은 부분에 따라 성분 비율이 다르다.

균일 혼합물에는 공기, 식초, 바닷물, 청동이나 놋쇠와 같은 합금 등이 있고 불균일 혼합물에는 우유, 암석, 흙탕물, 혈액, 콘크리트 등이 있다.



❶ 그림 Ⅰ-8 화강암. 석영, 운모, 장석 등의 광물들이 불균일하게 섞여 있다.



❶ 그림 Ⅰ-9 공기. 질소, 산소, 아르곤, 이산화 탄소, 수증기 등이 균일하게 섞여 있다.



❶ 그림 Ⅰ-10 스테인리스강. 철, 크로뮴, 니켈 등이 균일하게 섞여 있다.



❶ 그림 Ⅰ-11 혈액. 물, 단백질, 포도당, 지방, 아미노산, 이산화 탄소 등 많은 물질들이 불균일하게 섞여 있다.

**과학 자료실** 합금

합금은 두 가지 이상의 원소로 이루어진 금속으로서, 두 가지 이상의 금속을 녹인 후 혼합하여 만들기 때문에 대표적인 균일 혼합물이다.

그러나 혼합물이 성분 물질의 성질을 나타내는 것과는 달리 어떤 합금은 성분 금속의 성질이 없어지거나 새로운 성질을 나타내기도 한다. 예를 들어 스테인리스강은 73～79 %의 철에 크로뮴, 니켈 등이 혼합된 것이지만 자석에 붙거나 쉽게 부식되는 철의 성질이 나타나지 않는다. 이와 같은 성질 때문에 어떤 합금들은 혼합물이라고 하기 어렵다. 그러나 각 금속의 비율이 일정하지 않기 때문에 화합물이 아니고 혼합물이다.

❶ 여러 가지 종류의 합금

**자기 주도 학습**

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
|---|---|---|
| 혼합물의 예를 한 가지 들고, 그 혼합물에 포함된 순물질들을 써 보자. | 주방에서 볼 수 있는 물질들 중 순물질과 혼합물을 두 가지씩 말해 보자. | 물질을 혼합하는 것만으로도 새로운 소재를 개발할 수 있는 예를 조사해 보자. |



## 과학 돋보기

### 합금의 종류

합금은 크게 두 가지 형태가 있다. 하나는 금속 원자의 일부가 비슷한 크기의 다른 금속 원자로 바뀌어 있는 것이다. 구리의 일부가 아연으로 바뀌어 있는 황동이 그 예이다. 다른 하나는 금속들 사이의 틈에 다른 원자가 들어간 경우이다. 철 원자들 사이의 틈새로 탄소 원자가 들어가 만들어진 강철이 그 예이다. 생활 속에서 많이 사용되는 합금의 예는 다음 표와 같다.

| 합금 | 주요 성분 | 특징 | 용도 |
|---|---|---|---|
| 스테인리스강 | 철, 크로뮴, 니켈 | 녹슬지 않고 단단함. | 주방 용기, 장식품 |
| 황동(놋쇠) | 구리, 아연 | 강하고 광택이 좋음. | 동전, 관악기, 놋그릇 |
| 백동 | 구리, 니켈 | 녹슬지 않음. | 동전, 장식품 |
| 청동 | 구리, 주석, 아연 | 단단하고 잘 녹슬지 않음. | 동상, 기계 부품 |
| 땜납 | 납, 주석 | 녹는점이 낮음. | 납땜 |
| 니크롬 | 니켈, 크로뮴 | 비저항이 큼. | 전기 회로의 저항선 |
| 두랄루민 | 알루미늄, 구리, 마그네슘 | 가볍고 단단함. | 자동차, 비행기 동체 |

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

혼합물인 설탕물에는 순물질인 설탕과 물이 포함되어 있고, 공기에는 순물질인 질소, 산소, 아르곤, 이산화 탄소 등이 포함되어 있다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

순물질에는 물, 설탕, 정제 소금, 알루미늄박 등이 있고, 혼합물에는 스테인리스강 국자, 식초, 이온 음료, 간장, 우유, 오렌지 주스, 찌개, 국 등이 있다.

수돗물은 여러 가지 이온들이 포함되어 있기 때문에 엄밀하게 말하면 순물질이 아닌 균일 혼합물이다. 그리고 부엌에서 볼 수 있는 대부분의 물질이 혼합물이다. 스테인리스강으로 만든 조리 기구, 식초, 이온 음료 등은 균일 혼합물이고, 간장, 우유, 오렌지 주스, 피자, 된장찌개, 국 등의 조리된 음식들은 모두 불균일 혼합물이다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

금속을 혼합하여 만드는 합금의 경우 각 성분 금속이 가지지 않은 새로운 성질을 가지는 수가 있다.

예를 들어 형상 기억 합금은 특정한 온도에서의 자신의 모양을 기억하고 있어서 변형시켜도 그 온도가 되면 본래의 모양으로 되돌아가는 합금이다. 형상 기억 합금은 우주선의 안테나, 파이프 이음매, 치아 교정기, 온도 조절 장치, 누전 차단기, 로봇의 관절 부위 등의 산업 분야, 생활 용품 분야 등에서 널리 이용되고 있다.

또 다른 예로 초전도 합금이 있다. 초전도 합금은 일정 온도가 되면 저항이 0이 되는 초전도 현상이 나타나는 합금이다. 수은은 −269℃ 이하, 납은 −266℃ 이하에서 그 자체만으로도 초전도 현상이 나타나기도 하지만, −196℃ 이상의 온도에서 초전도 현상을 나타내는 것은 모두 초전도 합금이다. 초전도 합금은 자기 부상 열차나 병원에서 사용하는 자기 공명 영상(MRI) 장치 등에 사용된다.

# 1-2 녹는점과 어는점

## 학습 내용 안내

(1) 녹는점과 어는점이 물질의 특성임을 설명하도록 한다.
(2) 순물질의 녹는점과 어는점을 측정하여 융해 과정과 응고 과정에서 일어나는 현상을 설명한다.
(3) 혼합물의 녹는점과 어는점은 순물질과 어떻게 다른지 설명한다.
(4) 일상생활에서 혼합물의 녹는점과 어는점이 순물질과 다른 것을 이용하는 현상을 찾아 그 원리를 설명한다.

## 학습 전개

도입부의 버터와 소금이 녹는 경험을 통해 녹는점이 물질에 따라 다르다는 사실을 알게 한다.



스테아르산과 팔미트산의 녹는점과 어느점을 측정하여 녹는점과 어는점이 물질의 종류에 따라 다르다는 사실을 알아내게 한다.



융해와 응고가 일어날 때의 열에너지 출입 관계와 온도 변화 등의 특징을 알게 한다.



혼합물의 녹는점과 어는점이 순물질과 비교하여 어떻게 다른지 가열 곡선과 냉각 곡선을 이용하여 이해시킨다.



혼합물의 녹는점과 어는점이 순물질과 다른 것을 이용한 예를 이해하도록 지도한다.

**찾아보기**

- 화학 교육 홈페이지
  http://www.chemed4u.net
- 네이버 캐스트
  http://www.navercast.naver.com
  검색어: 부동액

Ⅴ. 물질의 특성

# 1-2 녹는점과 어는점

**학습 목표**

- 녹는점과 어는점이 물질의 특성임을 설명할 수 있다.
- 녹는점과 어는점을 측정하여 물질이 녹거나 얼 때 일어나는 현상을 설명할 수 있다.

금은 공기 중에서 녹이 슬지 않고, 색이 그대로 보존되어 장신구를 만들 때 많이 사용한다. 고체 금속인 금으로 여러 가지 모양의 장신구를 만들기 위해서는 금을 녹인 다음, 주물 틀에 넣어 원하는 모양으로 만든다.

과연 금이 녹기 시작하는 온도는 몇 ℃일까?



### 순물질의 녹는점과 어는점



그림 Ⅰ-12 버터의 가열

버터와 소금은 상온에서 모두 고체 상태이다. 버터와 소금을 가열하면 버터는 녹아서 액체가 되지만 소금은 가열해도 쉽게 녹지 않는다. 그 이유는 두 물질이 고체에서 액체로 변하는 온도가 다르기 때문이다.

지구 상에 있는 모든 물질은 상온에서 고체, 액체, 기체 중 한 가지의 상태로 존재한다. 따라서 상온에서의 물질의 상태로 물질을 구별하기는 어렵다. 그러나 버터와 소금처럼 같은 고체라도 액체로 변하는 온도가 다른 경우, 즉 상태가 변하는 온도는 물질을 구분하는 특성이 될 수 있다. 그러므로 물질이 온도에 따라 어떤 상태로 존재하는지 또는 어떤 온도에서 상태가 변하는지를 나타내면 물질을 구별할 수 있다.

스테아르산과 팔미트산의 녹는점과 어는점을 측정하여 물질을 어떻게 구별할 수 있는지 알아보자.

258 Ⅴ. 물질의 특성

## 관련 지식

### 순물질의 녹는점

(1) **금 세공** 금은 녹는점이 1,064℃로, 금속들 중에서는 녹는점이 비교적 낮다. 금을 세공하는 과정의 첫 번째 단계는 먼저 필요량의 금을 전용 도가니에 넣고 녹이는 것이다. 이것으로 금괴를 만들려면 적당한 주물 틀에 넣어 식히면 된다. 그리고 정교한 무늬를 갖는 장신구를 만들기 위해서는 주물 틀에서 기본 형태를 만든 후 도구를 이용하여 무늬를 새겨 넣는다.

(2) **버터와 소금의 가열** 버터는 신선한 크림이나 우유를 응고시켜 만든 것으로 유지방, 수분, 단백질 등으로 이루어져 있으며 보통 창백한 노란색이지만 진한 노란색에서 거의 흰색까지 다양하다. 버터는 냉각되었을 때에는 단단한 유제품이지만 실온에서는 펴 바를 수 있을 정도로 부드러운 경도를 가지며, 체온에 의해 녹을 정도인 약 30℃ 이상이 되면 액체로 녹아내린다.

소금은 녹는점이 800.7℃이고, 끓는점이 1,465℃이다. 소금의 경우 매우 고온에서 녹기 때문에 녹는 것을 관찰하기 어렵다. 그리고 소금의 구성 성분은 염화 나트륨이 대부분이고 나머지는 수분 등으로 이루어져 있는데, 가열하면 이 수분을 포함한 분자의 운동으로 부피가 팽창되어 밖으로 튀어 나오는 현상 때문에 소금이 탁탁 튀게 된다.

## 탐구 활동 스테아르산과 팔미트산의 녹는점과 어는점 측정 실험

목·표

스테아르산과 팔미트산을 이용하여 녹는점과 어는점이 물질의 특성이 될 수 있음을 설명할 수 있다.

준·비·물

스테아르산, 팔미트산, 물, 비커, 시험관, 온도계, 쇠그물, 삼발이, 알코올램프(또는 핫플레이트), 전자저울, 약숟가락, 약포지, 스탠드, 집게, 초시계

유·의·점

1. 온도계의 구부가 시험관 벽에 닿지 않도록 주의한다.
2. 고체의 양이 너무 많으면 열이 전달되는 시간이 오래 걸리기 때문에 오차가 생길 수 있다.

과정

❶ 스테아르산 1 g을 시험관에 넣고 그림과 같이 물중탕으로 장치한다.

❷ 시험관을 가열하면서 30초 간격으로 온도를 측정한다.

❸ 온도가 일정하게 유지되는 구간이 나타난 후 다시 온도가 상승하면 가열을 멈추고 식히면서 온도 변화를 더 측정한다.

❹ 팔미트산을 이용하여 과정 ❶~❸을 실시한다.

결과

시간에 따른 온도 측정 결과를 표에 기록하고, 그래프로 나타내어 보자.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 스테아르산 | 시간(분) | | | | | | | | | | |
| | 온도(℃) | | | | | | | | | | |
| 팔미트산 | 시간(분) | | | | | | | | | | |
| | 온도(℃) | | | | | | | | | | |

▲ 시간에 따른 스테아르산과 팔미트산의 온도 변화

해석

1 스테아르산과 팔미트산의 녹는점과 어는점은 각각 몇 ℃인가?

2 녹는점과 어는점으로 두 물질을 구별할 수 있는지 생각해 보고, 그 이유를 설명해 보자.



## 탐구 활동 실험

### | 목표 |

스테아르산과 팔미트산의 녹는점과 어는점을 측정하여, 녹는점과 어는점이 물질의 특성임을 설명할 수 있다.

### | 원리 설명 |

1 고체를 가열하여 융해되는 동안 흡수한 열에너지는 상태 변화에 이용되므로 온도가 일정하게 유지되는데, 이 온도가 녹는점이다.

2 액체를 냉각하여 응고되는 동안 열에너지를 방출하므로 온도가 일정하게 유지되는데, 이 온도가 어는점이다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

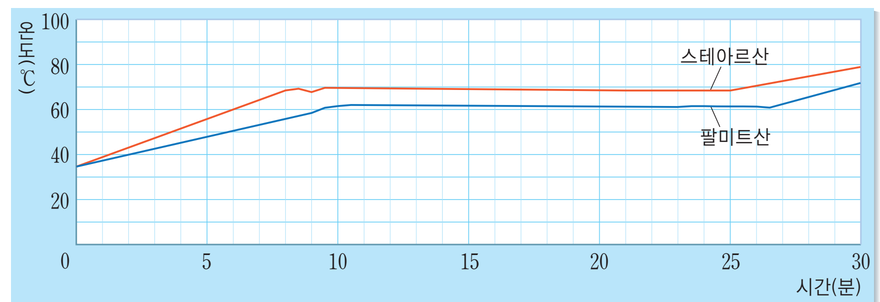
1 녹는점(어는점)의 문헌값은 스테아르산 69.6℃, 팔미트산 62.9℃이나 실제 측정에서는 조금 다르게 나올 수 있다.

2 열이 전달되는 속도 차로 인해 녹는점의 온도가 일정한 구간을 보기 어려우므로 기울기가 완만한 구간을 찾고 어는점을 더 잘 측정하도록 한다.

### | 결과 |

시간에 따른 온도 측정 결과 표와 그래프

| 스테아르산 | | 팔미트산 | |
|---|---|---|---|
| 시간(분) | 온도(℃) | 시간(분) | 온도(℃) |
| 0.0~7.5 | | 0.0~8.5 | |
| 8.0 | 68.1 | 9.0 | 58.5 |
| 8.5 | 69.1 | 9.5 | 60.8 |
| 9.0 | 68.7 | 10.0 | 61.4 |
| 9.5 | 69.7 | 10.5 | 62.0 |
| 10.0~20.5 | | 11.0~22.5 | |
| 21.0 | 68.2 | 23.0 | 61.1 |
| 21.5 | 68.2 | 23.5 | 61.5 |
| 22.0 | 68.2 | 24.0 | 61.5 |
| 22.5 | 68.2 | 24.5 | 61.4 |
| 23.0 | 68.2 | 25.0 | 61.3 |
| 23.5 | 68.2 | 25.5 | 61.3 |
| 24.0 | 68.2 | 26.0 | 61.1 |
| 24.5 | 68.2 | 26.5 | 60.9 |
| 25.0~ | | 27.0~ | |




### | 유의점 |

1 가열할 때 화상을 입지 않도록 주의한다.

2 알코올램프를 끄더라도 비커가 뜨거우므로 맨손으로 만지지 않도록 한다.

3 핫플레이트를 사용하면 실험 시간이 오래 걸리므로 알코올램프를 사용하는 것이 좋다.

### | 해석 |

1 스테아르산의 녹는점과 어는점은 68~70℃이고, 팔미트산의 녹는점과 어는점은 61~63℃이다.

2 물질의 종류에 따라 일정한 녹는점과 어는점을 가지므로, 물질을 구별할 수 있다.

✍ 스스로 해결하기

순물질의 녹는점과 어는점은 ( 일정 )하기 때문에 물질을 구별하는 특성이 된다.

고체 물질이 가열되어 액체로 상태가 변할 때에는 열에너지를 상태 변화하는 데 사용한다. 따라서 융해 과정에서는 온도가 일정하게 유지되며 이때의 온도가 녹는점이다. 반대로, 액체 물질을 냉각할 때에는 열에너지를 방출하면서 고체로 상태가 변하는데 이때 일정하게 유지되는 온도가 어는점이다.

스테아르산이나 팔미트산과 같은 순물질은 일정한 온도에서 융해나 응고가 일어나기 때문에 녹는점과 어는점이 일정하다. 따라서 녹는점과 어는점은 물질을 구별할 수 있는 특성이며, 물질의 양이 달라지더라도 녹는점과 어는점은 변하지 않는다.

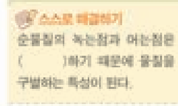



표 1-1 여러 가지 물질의 녹는점

| 물질 | 녹는점(℃) | 물질 | 녹는점(℃) |
|---|---|---|---|
| 에탄올 | −114.1 | 아세트산 | 16.6 |
| 메탄올 | −97.5 | 알루미늄 | 660.3 |
| 수은 | −38.8 | 염화 나트륨 | 800.7 |
| 브로민 | −7.2 | 금 | 1,064.2 |
| 얼음 | 0.0 | 철 | 1,538.0 |

(자료: CRC Handbook)

**혼합물의 녹는점과 어는점**

순물질은 녹는점과 어는점이 일정한데, 혼합물의 녹는점과 어는점은 어떠할까?

녹는점이 서로 다른 두 물질의 혼합물은 일정한 온도에서 녹지 않는다. 나프탈렌과 파라-다이클로로벤젠의 혼합물은 두 물질의 녹는점과 다른 온도에서 녹기 시작한다. 융해가 일어나는 동안에도 온도가 일정하게 유지되지 않고 계속 변한다. 또 어는점이 0℃인 물과 녹는점이 약 801℃인 소금을 혼합한 소금물을 냉각하면 0℃ 보다 낮은 온도에서 얼기 시작한다. 그리고 응고하는 동안에도 온도가 계속 내려가며, 물과 소금의 비율에 따라 얼기 시작하는 온도도 다르다.

이와 같이 혼합물의 녹는점과 어는점은 순물질과 달리 일정하지 않으며, 이를 통해 순물질과 혼합물을 구분할 수 있다.

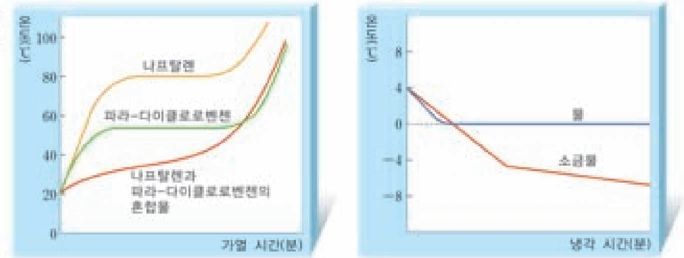



그림 1-13 순물질과 혼합물의 가열·냉각 곡선

260 Ⅰ. 물질의 특성




과학 돋보기

❀ 녹는점과 어는점

(1) **분자 간 인력의 영향** 녹는점과 어는점은 물질의 특성으로 물질의 종류에 따라 다르다. 녹는점은 분자 간 인력의 크기와 관계가 있다. 즉, 분자 간 인력이 큰 물질은 녹는점이 높고, 분자 간 인력이 작은 물질은 녹는점이 낮다.

(2) **어는점에서 얼지 않는 액체** 액체는 특정 온도에서 고체로 상태가 변한다. 예를 들어 물은 0℃에서 얼음이 된다. 그러나 0℃에서 물이 얼지 않는 경우도 있다.

① 어는점 내림: 용매에 어떤 용질이 녹아 있는 경우에는 용매에 해당하는 물질의 어는점보다 더 낮은 온도에서 얼게 된다. 이를 어는점 내림이라고 하며, 묽은 용액의 경우 어는점이 내려가는 정도는 용질의 농도(몰랄 농도)에 비례한다. 바닷물이 쉽게 얼지 않는 것이나 자동차에 부동액을 사용하는 것, 겨울철에 눈이 왔을 때 염화 칼슘이나 소금을 뿌리는 것도 이와 관련이 있다.

② 혼합물의 녹는점(어는점): 어는점 내림은 혼합물 중에서 어느 한 성분이 매우 큰 비중을 차지하는 경우에 나타난다. 일반적으로 혼합물의 녹는점(또는 어는점)은 성분 물질들의 녹는점 사이의 온도가 될 수도 있고, 각 물질의 녹는점보다 낮은 온도가 될 수도 있는데, 그 온도는 혼합물을 이루는 성분 물질의 혼합 비율에 따라 달라진다. 혼합물이 얼거나 녹는 동안에는 어느 한쪽이 먼저 얼거나 녹으면서 조성이 달라지므로 상태 변화가 일어나는 동안 온도는 계속 달라진다. 그러나 어떤 조성에서는 혼합물이라고 해도 일정한 녹는점을 가지는 경우도 있다. 그 대표적인 예가 납땜할 때 사용하는 땜납이다.

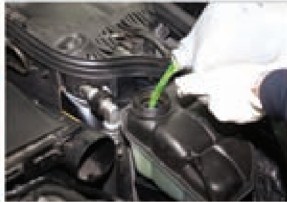
③ 압력 변화에 따른 녹는점(어는점): 대부분의 물질은 압력이 높아지면 녹는점도 높아진다. 그 이유는 물질은 대부분 고체에서 액체로 변할 때 부피가 늘어나기 때문이다. 부피가 늘어난다는 것은 분자 사이의 거리가 늘어난다는 것이며, 압력이 높아지면 분자 사이의 거리가 늘어나는 것을 억누르게 되므로 녹는점이 높아지는 것이다. 그러나 물은 예외적으로 압력이 높아질수록 녹는점이 낮아진다. 물은 대부분의 물질과 달리 고체인 얼음이 되면 물 분자들이 속이 빈 육각형 구조를 이루어 부피가 증가하기 때문이다.

④ 과냉각: 순수한 물질의 온도가 어는점 이하로 내려가도 고체가 되지 않고 액체로 존재하는 현상을 과냉각이라고 한다. 물은 쉽게 과냉각될 수 있어 물의 어는점을 측정할 때 0℃보다 낮은 온도로 온도가 내려갔다가 다시 0℃가 되는 것을 관찰할 수 있다. 물의 경우 −30℃까지 과냉각된 상태를 연구한 예가 있다. 과냉각 상태의 액체는 매우 불안정하여 작은 충격에도 쉽게 고체로 변한다. 따라서 과냉각 상태에 있는 물을 얼리려면 다른 이온이나 먼지 입자를 넣어 주거나 흔들어 주면 된다. 이러한 원리는 인공 강우에 이용되고 있다.

(3) **녹는점이 없는 물질** 승화성이 있는 물질은 녹는점이 없다. 예를 들어 1기압일 때 드라이아이스는 −78.5℃에서 승화한다. 따라서 1기압일 때에는 액체로 존재하지 않으므로 녹는점을 말할 수 없으며, 5.1기압 이상에서 녹는점이 존재한다.

겨울철 눈이 많이 오는 도로에 염화 칼슘을 뿌리는 것을 종종 볼 수 있다. 염화 칼슘이 물에 녹으면 어는점이 낮아지기 때문에 추운 날씨에도 눈이 얼지 않아 길이 미끄러워지는 것을 방지할 수 있다. 또 자동차의 엔진은 열이 많이 나기 때문에 냉각수를 엔진 주위에 순환시켜서 식혀 준다. 그런데 추운 겨울에 냉각수가 얼면 자동차가 고장날 수 있기 때문에 일반적으로 냉각수에 에틸렌 글라이콜이라는 물질을 넣어 사용한다. 냉각수에 에틸렌 글라이콜을 넣은 혼합물은 어는점이 낮아져서 추운 날씨에도 얼지 않기 때문에 부동액이라고 부른다. 부동액은 보통 −20℃ 정도가 되어야 언다.

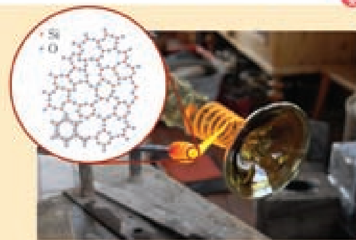

그림 Ⅰ-14 염화 칼슘 살포


그림 Ⅰ-15 부동액 주입

**과학 자료실** 녹는점이 일정하지 않은 순물질

엿은 가열되면 얼음처럼 일정한 온도에서 녹지 않고, 점차 말랑말랑해지다가 잘 늘어나는 단계를 거쳐 마침내 액체로 변한다. 이와 같은 성질을 갖는 고체를 비결정성 고체라고 하며, 이에는 유리, 플라스틱, 고무 등과 같은 물질들이 있다.

비결정성 고체의 구성 입자들은 액체처럼 자유롭게 움직일 수는 없으나, 입자의 배열이 불규칙적이다. 그래서 물질의 각 부분마다 상태 변화를 위해 흡수해야 하는 열에너지의 크기가 달라, 한 물질인데도 물질의 각 부분이 서로 다른 온도에서 녹기 때문에 순물질이지만 녹는점이 일정하지 않다.



유리의 구조

**자기 주도 학습**

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
| --- | --- | --- |
| 얼음의 녹는점과 물의 어는점을 비교해 보자. | 똑같이 생긴 병에 각각 주스와 물을 넣고 냉동실에서 얼리면 어느 것이 먼저 얼게 될까? | 뷰테인은 어는점이 −138℃이며, 어떤 물질은 어는점이 −200℃ 이하인 것도 있다. 이렇게 낮은 온도는 어떻게 만들 수 있는지 조사해 보자. |

1. 여러 가지 물질의 특성 261

## 심화 학습 결정성 고체와 비결정성 고체

(1) **결정성 고체** 고체 내의 원자나 이온, 분자들이 입체적으로 매우 규칙적인 배열을 한 고체이다. 결정성 고체는 입자 사이의 결합을 끊는 데 필요한 에너지가 일정하므로 녹는점이 일정하다. 그리고 결정에 빛을 쪼이는 방향에 따라 굴절되거나 반사되는 각이 달라지는 성질이 있다. 결정성 고체에는 염화 나트륨, 얼음, 다이아몬드, 금 등이 있다.

(2) **비결정성 고체** 결정성 고체와 달리 원자나 이온, 분자들이 규칙적이고 주기적인 배열을 하지 않은 것을 비결정성 고체라고 한다. 분자의 길이가 길거나 모양이 불규칙한 물질들이 비결정성 고체로 되는 경향이 큰데, 이러한 물질들은 액체를 서서히 냉각하더라도 일반적인 고체와 같은 규칙적인 배열을 하기 전에 고체로 변하게 된다. 비결정성 물질은 고체를 이루는 입자들 사이의 인력이 일정하지 않으므로 가열하면 결합이 약한 부분부터 끊어져 녹는점이 일정하지 않고, 넓은 온도 범위에서 연속적으로 변화하므로 모양을 변형시키기 쉽다. 그리고 결정의 어느 방향에서 빛을 쪼여 주어도 같은 방향으로 굴절되거나 반사되는 성질이 있다.

## 과학 돋보기



### ❀ 눈이 많이 오면 염화 칼슘을 뿌리는 이유

겨울철 눈이 많이 내린 도로에 염화 칼슘을 뿌리면 눈이 녹아 물이 된다. 그 이유는 이 물질들이 수분을 흡수하여 열을 방출하는 발열 반응을 일으키기 때문이다. 그런데 이렇게 녹은 물은 다시 쉽게 얼지 않는다. 그 이유는 혼합물은 순물질보다 어는점이 낮아지기 때문이다. 염화 칼슘은 상온에서 고체 상태이지만 수용액은 최대 −52℃까지 어는점이 낮아진다. 따라서 염화 칼슘은 제설제로서의 효과가 좋다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

얼음의 녹는점과 물의 어는점은 0℃로 같다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

주스는 물에 다른 물질이 섞여 있는 혼합물이므로 물보다 어는점이 낮다. 따라서 물이 먼저 얼고, 주스가 나중에 언다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

기체를 일정한 온도에서 압축하였다가 단열(열이 드나들지 않는) 과정으로 팽창시키면 온도가 낮아진다. 이와 같은 과정을 여러 번 반복하여 낮은 온도를 만들 수 있다. 사용하는 기체가 액체가 된 후에는 더 압축하는 것이 어려우므로 한계가 있다. 공기를 이용하면 약 −200℃의 온도까지 만들 수 있다. 흔히 사용하는 액체 온도계는 알코올이나 수은의 온도에 따른 부피 변화를 이용한다. 이 방법은 알코올이나 수은의 어는점보다 낮은 온도에서는 사용할 수 없다. 매우 낮은 온도는 열전대라고 하는 두 금속을 붙인 물질을 사용한다. 한쪽은 낮은 온도에, 다른 쪽은 기준 온도에 놓고 전기 회로에 연결하면 온도 차에 비례하여 발생하는 기전력을 측정하여 온도를 계산한다. 이 방법으로는 −193℃ 정도까지 측정할 수 있다.

# 1-3 끓는점

## 학습 내용 안내

(1) 끓는점이 물질의 특성임을 설명한다.
(2) 끓는점을 측정하고, 기화 과정에서 일어나는 현상을 설명한다.
(3) 압력을 높이거나 낮출 때 끓는점은 어떻게 변하는지 설명한다.
(4) 혼합물의 끓는점은 순물질과 어떻게 다른지 설명한다.
(5) 녹는점과 끓는점을 통해 특정 온도에서 물질의 상태를 설명한다.

## 학습 전개

도입부에 나타난 물과 식용유의 예와 같이 경험을 통해 끓는점이 물질에 따라 다르다는 사실을 알게 한다.

↓

물과 에탄올의 끓는점을 측정하여 끓는점이 물질의 종류에 따라 달라지는 물질의 특성이라는 사실을 알아내게 한다.

↓

끓는점이 압력의 영향을 받는다는 사실을 설명하고, 예를 들 수 있게 한다.

↓

혼합물의 끓는점은 일정하지 않음을 설명하고, 예를 들 수 있게 한다.

↓

녹는점과 끓는점을 이용하여 어떤 온도에서 물질의 상태를 알아내는 방법을 알게 한다.

### 찾아보기

- 서울대학교 과학 교육 연구소
  http://serc.snu.ac.kr
- 서울특별시 과학 전시관
  http://www.ssp.re.kr

---

Ⅰ. 물질의 특성

# 1-3 끓는점

**학습 목표**

- 끓는점이 물질의 특성임을 설명할 수 있다.
- 끓는점을 측정하여 기화가 일어날 때 일어나는 현상을 설명할 수 있다.

라면은 밥 대신 또는 야식으로 즐겨 먹는 음식 중의 하나이다. 라면을 맛있게 끓이는 방법은 사람마다 조금씩 다르지만 라면 봉지의 뒷면을 보면 조리법이 적혀 있다.

조리법에는 '물이 끓으면' 분말수프와 면을 넣고 더 끓이게 되어 있다.

분말수프와 면을 넣었을 때의 끓는 온도는 물만 끓일 때의 온도와 같을까?

조리법

### 순물질의 끓는점



그림 Ⅰ-16 물의 끓음

물이 끓으면 물속에서 부글거리며 기포가 생기는 것을 볼 수 있으며, 이를 통해 물이 끓는점에 도달했음을 확인할 수 있다. 그러나 튀김 요리를 할 때 사용하는 식용유는 끓는 것을 보기 어렵다. 튀김은 보통 160~180°C에서 요리하는데, 식용유는 이 온도에서도 끓지 않기 때문이다.

이와 같이 끓는점은 물질의 종류에 따라 다르다. 물과 에탄올을 이용하여 끓는점으로 물질을 구별할 수 있는지 알아보자.

**탐구 활동** MBL을 이용한 물과 에탄올의 끓는점 측정 — 실험

**목표**
MBL을 이용한 물과 에탄올의 끓는점 측정을 통해 물질을 구별할 수 있다.

**과정**

❶ 모둠별로 A, B, C, D 중 실험할 물질을 한 가지 선택하여 그림과 같이 장치한다.

| A 물 10 mL | B 물 20 mL | C 에탄올 10 mL | D 에탄올 20 mL |
|---|---|---|---|

❷ 컴퓨터와 MBL 실험 장치를 연결하고 MBL 프로그램을 실행시킨다.
❸ 물을 선택한 경우에는 물과 끓임쪽 2~3개를 가지 달린 둥근 바닥 플라스크에 넣고 가열하면서 30초마다 온도를 측정하여 기록한다.
❹ 에탄올을 선택한 경우에는 에탄올을 끓임쪽 2~3개와 함께 가지 달린 시험관에 넣은 후, 물중탕으로 비커를 가열하면서 1분 간격으로 온도를 측정한다.

262 Ⅰ. 물질의 특성

---

## 탐구 활동 — 실험

### 목표

MBL을 이용하여 물과 에탄올의 끓는점을 측정하여 끓는점이 물질을 구별할 수 있는 물질의 특성임을 설명할 수 있다.

### 원리 설명

1 액체를 가열하면 기화되는 동안 흡수한 열에너지는 상태 변화에 이용되므로 온도가 일정하게 유지되는데, 이 온도가 끓는점이다.
2 끓는점은 물질의 종류에 따라 다르므로 물질의 특성이다.

### 유의점

1 알코올램프를 다룰 때 안전사고에 유의한다.
2 물과 에탄올이 갑자기 끓어 넘치는 것을 막기 위해 다공성의 끓임쪽을 넣는다.
3 에탄올은 인화성이 크므로 직접 가열하지 않고 물중탕으로 가열해야 하며, 생성되는 에탄올 증기는 다시 액화시키도록 한다.



❶ 물의 끓는점 측정 장치



준비물

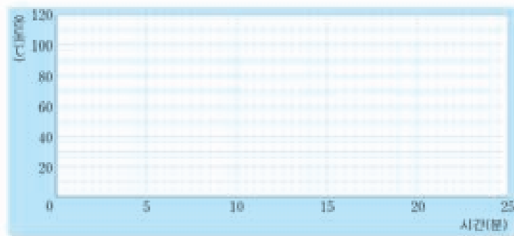
MBL 실험 장치, 물, 에탄올, 가지 달린 시험관, 가지 달린 둥근 바닥 플라스크, 시험관, 비커, 눈금 실린더, 끓임쪽, 유리관, 고무관, 고무마개, 알코올램프(또는 핫플레이트), 삼발이, 쇠그물, 스탠드, 집게, 보안경, 장갑

탐구도우미

- 물중탕: 에탄올과 같은 물질은 직접 가열하면 불이 붙을 위험이 있으므로 물중탕을 한다.
- 끓임쪽: 액체가 갑자기 끓어 넘치는 것을 방지하기 위해 넣는다.
- 에탄올을 가열할 때에는 증기에도 불이 붙을 수 있으므로 기체가 시험관의 가지를 통해 빠져나오도록 한다.
- 모둠별로 물질 A~D를 고르게 선택하여 실험 결과를 서로 비교하도록 한다.

결과

시간에 따른 온도 변화를 그래프로 출력한다. 출력이 어려운 경우에는 액체가 끓는 온도 부근의 자료를 읽어 다음 그래프에 나타낸다.




해석 창의 · 인성

1 각 모둠에서 얻은 결과를 조사하여 표에 정리해 보자.

| 구분 | 물 | | 에탄올 | |
|---|---|---|---|---|
| 부피(mL) | 10 | 20 | 10 | 20 |
| 끓는점(℃) | | | | |

2 물질의 양에 따라 끓는점은 어떻게 변하는가?

3 끓는점으로 물과 에탄올을 구분할 수 있는지 토의하고, 그 이유를 설명해 보자.

1. 여러 가지 물질의 특성 263

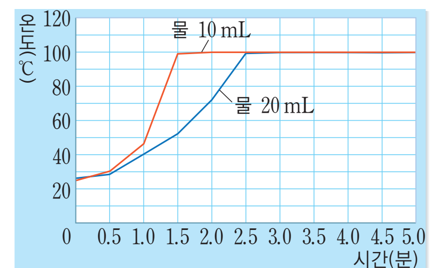
## 효과적인 운영을 위한 Tip

1 물과 에탄올을 각각 10 mL, 20 mL씩 사용할 때에는 가지 달린 시험관을 이용한다. MBL을 사용하지 않을 경우 물이 끓을 때까지 걸리는 시간이 매우 짧아 측정이 어려울 수 있으므로 가지 달린 둥근 바닥 플라스크를 이용하고 물과 에탄올의 양을 25 mL, 50 mL로 늘린다.

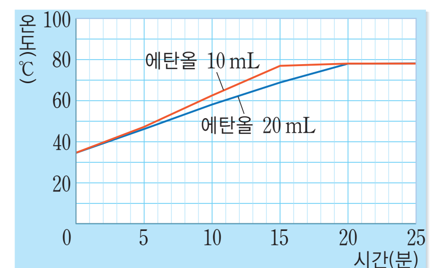
2 물과 에탄올의 끓는점을 정확하게 100℃와 78℃로 얻기는 어렵다.

3 물은 입구를 열어 놓은 상태로 온도를 측정하면 공기의 온도 영향을 많이 받으므로 에탄올과 같이 장치하도록 한다.

## 결과




❷ 물 10 mL와 20 mL




❸ 에탄올 10 mL와 20 mL

## 관련 지식

### ❀ 에탄올

실험실에서 흔히 사용하는 에탄올은 순도가 약 95 %(질량비)로 나머지 5 %는 물이다. 분별 증류의 방법으로는 에탄올을 95 % 이상 순수하게 만들 수 없으므로 99 % 이상 순수한 에탄올을 얻기 위해서는 다른 방법으로 물을 제거해야 한다. 순수한 에탄올과 95 % 에탄올은 끓는점이 각각 78.3℃와 78.1℃로 다르다. 그러나 유효 숫자 두 자리 범위 내에서, 그리고 학생들의 실험 오차 범위 내에서는 같다고 볼 수 있다. 본 수업에서는 물질에 따라 끓는점이 다르기 때문에 물질의 특성이 된다는 점을 학습하는 데 주안점을 두고 학생들에게 제공되는 에탄올을 순물질로 간주한다.

### ❀ 끓임쪽

액체를 끓일 때 액체가 끓는점 이상으로 가열되면 과열 현상이 일어나 외부로부터 작은 충격을 받거나 먼지 등 이물질이 들어가면 갑자기 기포가 발생하면서 폭발적으로 끓어오르는 돌비 현상이 일어난다. 따라서 액체가 끓기 전에 아주 작은 구멍이 있는 유리, 사기, 돌 조각 등과 같은 끓임쪽을 넣어 주면 돌비 현상을 막을 수 있다. 끓임쪽에는 아주 작은 구멍들이 있어서 액체의 온도가 올라가면 이 구멍 속에 들어 있는 공기가 팽창하고 기포를 형성하여 구멍 밖으로 나오게 된다. 이 기포는 액체 속에서 빈틈을 만들기 때문에 액체가 끓는점에서 서서히 끓어 온도를 유지하면서 기화된다.

## 해석 | 창의 · 인성

1 각 모둠에서 얻은 결과

| 구분 | 물 | | 에탄올 | |
|---|---|---|---|---|
| 부피(mL) | 10 | 20 | 10 | 20 |
| 끓는점(℃) | 99.7 | 99.6 | 78 | 77.9 |

2 물질의 양이 많아지면 끓을 때까지 걸리는 시간이 더 길어지지만 끓는점은 변하지 않고 일정하다.

3 물의 끓는점은 100℃이고, 에탄올의 끓는점은 78℃이므로 서로 구별할 수 있다.




## ❀ 압력이 높아지면 끓는점이 높아지는 예

(1) **압력 밥솥** 압력 밥솥은 내부의 증기가 빠져나가지 못하게 하여 압력이 높아지도록 만든 것이다. 압력 밥솥에서 음식을 하면 수증기가 많아져서 압력 밥솥 내부의 압력이 점점 높아져 물의 끓는점도 높아진다. 그리고 물의 끓는점이 높아지면 외부에서 공급한 열이 물의 기화열로 낭비되는 것을 늦출 수 있어서 조리되는 속도가 빨라진다. 대부분의 압력 밥솥은 내부의 압력이 대기압보다 높은 1.2기압 정도로 높아져서 물이 약 120℃에서 끓게 된다. 압력을 가하여 조리를 하는 것을 최초로 시도한 사람은 17세기 중반 프랑스의 물리학자 드니 파팽이었다. 그는 조리 시간을 단축하려는 목적으로 압력 밥솥을 개발하였다.

(2) **바다 밑의 화산 폭발** 깊은 바다 밑에 있는 화산이 폭발해도 바닷물은 끓지 않는다. 그 이유는 깊은 바다 밑은 수압이 높아서 물의 끓는점이 높아지기 때문이다.



**미•니•탐•구**

1 감압 용기의 공기를 빼내면 감압 용기 안의 물이 끓는다.

2 감압 용기의 공기를 빼내면 용기 안의 압력이 낮아져서 물의 끓는점이 낮아지기 때문에 100℃보다 낮은 온도에서 물이 끓게 된다.

**효과적인 운영을 위한 Tip**

뜨거운 물은 상온에서 빠르게 냉각된다. 물의 온도가 너무 낮으면 압력이 낮아져도 그 압력에서의 끓는점보다 온도가 낮아 끓는 현상을 관찰하기 어렵다. 펌프질만으로는 약 0.5기압을 만들 수 있는데, 0.5기압에서 물의 끓는점은 약 82℃이다. 따라서 감압 용기에 거의 끓은 직후의 물을 넣으면 시범 실험을 효과적으로 할 수 있다.

액체 물질을 가열하면 온도가 올라가다가 일정하게 유지되는 구간이 나타난다. 이는 끓는 동안에 액체가 기체로 기화하면서 열에너지를 흡수하기 때문이며, 이때의 온도가 끓는점이다. 끓는점은 물질의 종류에 따라 일정한 값을 가지기 때문에 물질을 구별할 수 있는 특성이 된다. 따라서 물질의 양이 달라져도 끓는점은 달라지지 않으며 끓을 때까지 걸리는 시간이 달라질 뿐이다.

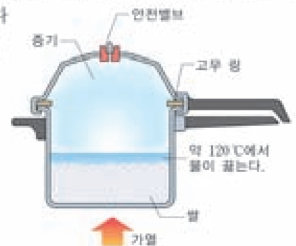
❶ 표 Ⅰ-2 여러 가지 물질의 끓는점(자료: CRC Handbook)

| 물질 | 끓는점(℃) | 물질 | 끓는점(℃) |
|---|---|---|---|
| 염화 나트륨 | 1,465.0 | 아세톤 | 56.1 |
| 아세트산 | 117.9 | 뷰테인 | −0.5 |
| 물 | 100.0 | 산소 | −183.0 |
| 에탄올 | 78.3 | 질소 | −195.8 |

그렇다면 같은 물질인 경우에는 끓는점이 항상 일정할까?

물이 든 압력 밥솥의 뚜껑을 닫은 후 가열하면, 압력 밥솥 안의 압력이 증가한다. 압력 밥솥에는 안전밸브가 설치되어 있다. 안전밸브는 압력 밥솥이 높은 압력을 유지하도록 작동한다. 이때 물은 100℃보다 높은 온도에서 끓으므로 쌀이 빨리 잘 익어 맛있는 밥을 지을 수 있다.

한편, 높은 산에서는 압력이 낮아져서 물이 100℃보다 낮은 온도에서 끓기 때문에 쌀이 제대로 익지 못할 때가 있다. 이때에는 뚜껑 위에 무거운 돌 등을 올려 내부 압력을 높여 주어야 한다.



❶ 그림 Ⅰ-17 압력 밥솥의 구조



**미•니•탐•구 감압 용기를 이용한 물의 끓음**

과정 ❶ 감압 용기에 70~80℃의 물을 $\frac{1}{3}$ 정도 넣는다.

❷ 펌프질을 하여 공기를 빼내면서 용기 안에 들어 있는 물의 변화를 관찰한다.

물음 1 감압 용기 안의 물은 어떻게 되는가?

2 물에 변화가 생긴 이유를 설명해 보자.


❶ 감압 용기
뚜껑을 닫아 밀폐한 후 펌프를 이용해 공기를 빼내어 압력을 낮추어 주는 장치

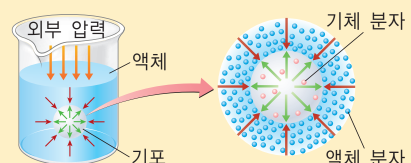
264 Ⅰ. 물질의 특성

## 심화 학습 액체의 끓음

밀폐된 그릇에 물을 넣고 충분한 시간이 지나면 어느 한계까지 물이 증발한다. 그 한계에서 수증기가 나타내는 압력을 수증기압이라고 한다.

물을 가열하면 물 내부에서도 기화가 일어나 기포가 생기는데, 이는 외부 압력(대기압)에 의해 곧 사라진다. 그러나 100℃에 도달하면 생성된 기포가 1기압이 되어도 사라지지 않고 점점 커져서 액체 사이를 통과하여 바깥으로 나오게 되는데, 이러한 현상을 끓음이라고 하고 이때의 온도를 끓는점이라고 한다. 외부 압력이 낮아지면 100℃에 도달하지 않아도 기포와 외부 압력이 같아져서 끓게 되며, 압력이 높아지면 100℃에 도달해도 기포 안의 압력이 외부 압력보다 낮아서 끓지 못하고 더 높은 온도가 되어야 끓는다.

끓는점은 대기압과 액체 물질의 증기 압력이 같아지는 온도이므로 대기압이 변하면 끓는점도 변한다. 대기압이 1기압일 때 액체의 끓는점을 기준 끓는점이라고 한다.



❷ 외부 압력과 기포의 생성




❸ 그림 Ⅰ-18 높이에 따른 물의 끓는점

이와 같이 같은 물질이라도 압력이 낮으면 끓는점이 낮아지고, 압력이 높으면 끓는점이 높아진다. 그러므로 끓는점을 측정할 때 압력을 함께 나타내어야 끓는점을 정확히 표현할 수 있다.

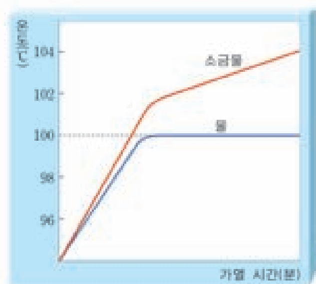
압력을 별도로 표시하지 않은 경우 물질의 끓는점은 1기압을 기준으로 하며, 이 때의 끓는점을 **기준 끓는점**이라고 한다.

스스로 해결하기
높은 산에서는 (      )(이)가 낮아져서 물의 끓는점이 (      )지기 때문에 쌀이 설익기도 한다.

**혼합물의 끓는점**

라면을 끓일 때 물에 분말수프를 넣으면 소금이나 설탕을 물에 녹인 경우처럼 혼합물이 된다. 순물질인 물의 끓는점은 100 ℃이지만 혼합물은 다른 온도에서 끓는다. 소금물이나 설탕물은 100 ℃보다 높은 온도에서 끓기 시작하며, 가열하는 동안에도 온도가 계속 올라간다.

한편, 두 종류의 액체 물질이 섞인 혼합물을 가열하면 온도가 거의 일정한 구간이 두 번 나타난다. 예를 들어 끓는점이 78 ℃인 에탄올과 끓는점이 100 ℃인 물의 혼합물을 가열하면 78 ℃ 부근과 100 ℃ 부근에서 각각 온도가 거의 일정한 구간이 나타난다.




❸ 그림 Ⅰ-19 물과 소금물의 가열 곡선

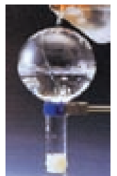
1. 여러 가지 물질의 특성 265

스스로 해결하기

높은 산에서는 ( 압력 )(이)가 낮아져서 물의 끓는점이 ( 낮아 )지기 때문에 쌀이 설익기도 한다.




**❀ 찬물로 더운물 끓이기**



둥근 바닥 플라스크에 물을 반쯤 넣고 물을 끓인 다음, 플라스크의 입구를 막고 거꾸로 세워 플라스크 위에 찬물을 붓는다. 그러면 플라스크 안의 수증기가 액화되어 내부 압력이 작아져 물의 끓는점이 낮아지므로 물이 다시 끓는다.

**❀ 혼합물의 끓는점**

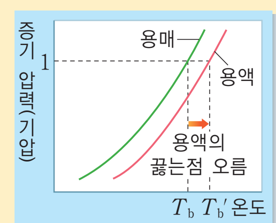
(1) **소금물이 끓는 동안에도 온도가 계속 높아지는 이유** 소금 입자가 물의 기화를 방해하므로 소금물은 순수한 물보다 더 높은 온도에서 끓기 시작한다. 또 끓는 동안 물만 기화되어 소금물의 농도가 점점 높아지므로 끓는 온도가 계속 높아진다.

(2) **달걀 삶기** 혼합물의 끓는점이 순물질보다 높아지는 것을 이용하는 경우도 많다. 예를 들어 달걀을 삶을 때 물에 소금을 넣으면 소금물이 물보다 높은 온도에서 끓으므로 달걀을 잘 삶을 수 있다.

## 심화 학습 혼합물의 끓는점

(1) **증기 압력** 밀폐된 용기에 액체(물)를 넣어 두면 일정한 온도에서 증발 속도는 일정하다. 이때 증기가 운동을 하다가 액체 표면에 충돌하면 증기 분자가 다시 액체로 돌아가는 응축이 일어나는데, 이 과정이 계속되면 처음에는 증발 속도가 응축 속도보다 빨라서 증기의 양이 점점 많아지지만 결국은 증발 속도와 응축 속도가 같아진다. 그 결과 밀폐된 용기에서 증발과 응축은 계속하여 일어나지만, 증기와 액체의 양이 변하지 않고 겉보기에는 아무런 변화가 일어나지 않는 것처럼 보인다. 이러한 평형 상태에 있는 증기의 압력을 증기 압력이라고 한다.

(2) **비휘발성 용질이 녹은 경우** 용매에 비휘발성 용질이 용해된 혼합물은 용질이 용액 표면에서 자리를 차지하여 용매의 증발을 방해한다. 그 결과 용액은 순수한 용매보다 증기 압력이 낮아진다. 이것을 온도에 따른 증기 압력 곡선으로 나타내면 오른쪽과 같다. 액체의 기준 끓는점은 증기 압력이 1기압과 같아지는 온도인데, 용액의 경우는 순수한 용매의 끓는점에서의 증기 압력이 1기압보다 작다. 따라서 온도가 더 높아져야 증기 압력이 1기압과 같아지므로 용액의 끓는점은 순수한 용매보다 더 높다.




❸ 용액의 증기 압력 곡선

(3) **휘발성 용질이 녹은 경우** 휘발성 용질이 녹아 있는 경우 용액의 증기 압력은 용질의 증기 압력과 용매의 증기 압력의 합이다. 용질과 용매의 증기 압력은 각 물질의 구성비와 그 물질만 있을 때의 증기 압력을 곱한 값과 같다. 이때 구성비는 몰 분율 $\left(\frac{\text{물질의 몰수}}{\text{용액에 있는 모든 물질의 몰수}}\right)$을 사용한다.

상온: 일반적으로 20℃ 정도를 의미하며, 15~25℃를 상온으로 볼 수 있다.

### 녹는점, 끓는점과 물질의 상태

물이 액체이고 산소가 기체인 것은 우리가 살고 있는 1기압, 상온을 기준으로 한 물질의 상태이다. 특정 온도에서 물질의 상태는 그 물질의 녹는점과 끓는점을 통해서 알 수 있다. 물질은 녹는점보다 낮은 온도에서는 고체, 녹는점과 끓는점 사이의 온도에서는 액체, 끓는점보다 높은 온도에서는 기체로 존재한다.

산소는 녹는점과 끓는점이 매우 낮아 상온에서 기체로 존재하고, 순수한 아세트산은 어는점이 약 17℃이므로 보통은 액체 상태로 존재하지만 겨울에는 얼어 있는 것을 볼 수도 있다.




그림 Ⅰ-20 온도 변화에 따른 물질의 상태

잠깐 체크 다음은 어떤 물질들의 녹는점과 끓는점을 나타낸 것이다. 25℃에서 물질 A~C는 고체, 액체, 기체 중 어떤 상태로 존재하는지 쓰시오.

| 물질 | 녹는점(℃) | 끓는점(℃) |
|---|---|---|
| A | 17 | 118 |
| B | 81 | 218 |
| C | −218 | −183 |

자기 주도 학습

- 개념 확인하기: 상태 변화와 관련된 물질의 특성 두 가지는 무엇인가?
- 생활 속 문제 해결하기: 뜨거운 기름에 튀김 재료를 넣으면 끓는 것처럼 보이는 이유를 설명해 보자.
- 과학과 기술, 사회 연관 짓기: 자동차의 냉각수로 사용하는 부동액은 추운 겨울뿐 아니라 뜨거운 여름에도 유용하다. 끓는점과 관련하여 부동액이 여름에 유용한 이유를 설명해 보자.

266 Ⅰ. 물질의 특성

## 과학 돋보기



### ❀ 온도에 따른 물질의 상태

(1) **상온에서 고체인 물질**　상온＜녹는점

예 대부분의 금속은 녹는점이 100℃ 이상이므로 상온에서 고체 상태이다.

(2) **상온에서 액체인 물질**　녹는점＜상온＜끓는점

예 물은 녹는점이 0℃이고, 끓는점이 100℃이므로 상온에서 액체 상태이다.

(3) **상온에서 기체인 물질**　끓는점＜상온

예 산소는 끓는점이 −183℃이므로 상온에서 기체 상태이다.

### 잠깐 체크

- A는 녹는점이 25℃보다 낮고 끓는점이 25℃보다 높으므로 25℃에서 액체로 존재한다.
- B는 녹는점과 끓는점이 모두 25℃보다 높으므로 25℃에서 고체로 존재한다.
- C는 녹는점과 끓는점이 모두 25℃보다 낮으므로 25℃에서 기체로 존재한다.

### 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

상태 변화가 일어나는 온도가 물질의 특성이 되므로 상태 변화와 관련된 물질의 특성에는 녹는점(어는점)과 끓는점이 있다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

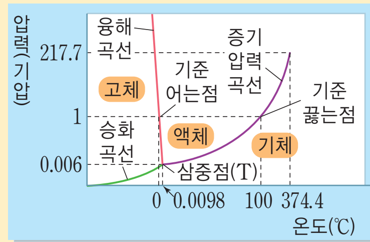
튀김 재료에는 물이 포함되어 있다. 따라서 기름이 끓고 있지 않아도 100℃ 이상의 높은 온도의 기름 속에서 튀김 재료에 있던 수분이 기화되어 나온다. 이때 보이는 기포 때문에 마치 기름이 끓는 것처럼 보이는 것이다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

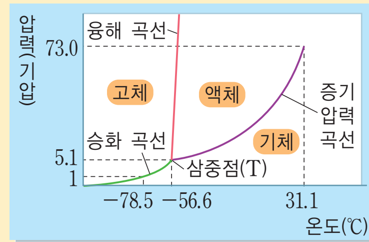
부동액은 물에 에틸렌글리콜을 넣어 만든 혼합물이며, 혼합물은 순수한 물보다 끓는점이 높다. 따라서 뜨거운 여름에 자동차가 달구어지더라도 부동액을 사용하면 냉각수가 끓어 넘치지 않아서 안전하다.

## 심화 학습 상평형 그림

온도와 압력에 따른 물질의 세 가지 상을 나타내는 그래프를 상평형 그림이라고 한다.




❷ 물의 상평형 그림




❷ 이산화 탄소의 상평형 그림

물의 상평형 그림에서 1기압일 때의 온도 변화에 따른 상태를 보면 녹는점과 끓는점을 알 수 있다. 즉, 1기압과 융해 곡선이 만나는 온도인 0℃가 녹는점이고 증기 압력 곡선과 만나는 온도인 100℃가 끓는점이다. 이산화 탄소의 상평형 그림에서 1기압일 때를 보면 녹는점과 끓는점은 없고 승화가 일어나는 것을 알 수 있으며 5.1기압, −56.6℃ 이상에서만 액체가 존재함을 알 수 있다.

# 액체로 만들어 사용하는 기체






❸ 뷰테인 가스통과 일회용 가스라이터

음식을 만들 때 가스레인지의 연료로 사용하는 물질은 주로 LNG나 LPG이다. 도시가스라고 부르는 LNG는 액화 천연 가스의 줄임말로 주성분이 메테인이고, LPG는 액화 석유 가스의 줄임말로 주성분이 프로페인과 뷰테인이다. 메테인의 끓는점은 −162℃, 프로페인의 끓는점은 −42℃, 뷰테인의 끓는점은 −0.5℃로 상온에서 모두 기체로 존재하는 물질들이며, LNG나 LPG는 이 기체들을 액체로 만든 것이다.

천연 가스는 온도를 끓는점보다 낮게 하여 액체로 만들어 선박으로 운반한 후 다시 기화시켜 관을 통해 사용자에게 공급한다.

휴대용 가스레인지나 일회용 가스라이터에도 액체 상태의 뷰테인이 들어 있는 것을 확인할 수 있다. 이들은 어떻게 끓는점보다 높은 온도에서 액체로 존재할 수 있는 것일까?

압력이 높은 압력 밥솥에서는 물의 끓는점이 높아지고, 높은 산에서는 압력이 낮아 끓는점이 낮아지는 것과 같은 원리를 이용하여 이 기체들을 액체 상태로 만든다. 기체에 압력을 가하면 끓는점이 높아져서 상온에서도 액체로 존재할 수 있는 것이다. 그리고 액체 상태로 만든 연료를 사용할 때에는 연료가 용기를 빠져나올 때 기체 상태로 빠져나오게 하여 연소시킨다.

휴대용 가스레인지에 사용하는 가스통에는 여름용과 겨울용이 표시되어 있는 경우가 있는데, 이것도 끓는점과 관련이 깊다. 끓는점이 −0.5℃인 뷰테인은 기온이 낮은 겨울에는 가스통을 빠져나올 때 기화되지 않아서 불을 붙이기 어렵다. 따라서 겨울용 뷰테인 가스는 여름용 뷰테인 가스보다 프로페인을 더 많이 혼합하여 불이 잘 붙도록 한다.

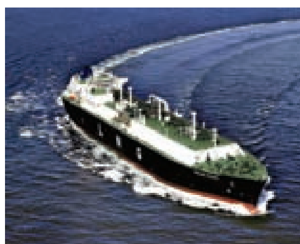
**토의하기** 휴대용 가스라이터를 뜨거운 여름날 자동차 안에 두면 안 되는 이유를 토의해 보자.



1. 여러 가지 물질의 특성 267

**+참고 자료 LNG 수송선**

LNG 수송선은 다른 선박에 비해 특히 더 많은 기술을 필요로 한다. 우리나라는 선박을 만드는 기술에 대해서는 국제적으로 인정을 받고 있으며, 세계에서 사용하는 초대형 LNG 선박의 $\frac{3}{4}$ 이상을 만들고 있다. LNG 수송선은 천연 가스를 담는 저장 탱크가 가장 중요한 핵심이라고 할 수 있는데, 이 저장 탱크는 −162℃ 이하로 냉각시킬 수 있는 냉각 장치와 함께 저온을 유지할 수 있어야 하므로 아주 특수하게 제작된 단열 용기가 필요하다. 그리고 밀폐된 용기에서 기화가 일어나면 압력이 커지기 때문에 천연 가스를 담는 용기는 새는 곳이 전혀 없이 압력에도 잘 견딜 수 있어야 한다. 따라서 저장 탱크의 안쪽, 즉 천연 가스와 직접 닿는 부분은 스테인리스강으로 만드는데, 저장 탱크의 모든 부분이 매우 정밀하게 용접되어야 하며, 아주 작은 틈이나 흠집도 없도록 만들어야 한다.



❸ LNG 수송선

**융합 STEAM**

❀ **LNG(액화 천연 가스)**

메테인이 주성분인 천연 가스를 액화한 것이다. 천연 가스는 액화시키면 부피가 $\frac{1}{600}$ 정도로 감소하므로 운반이나 저장에 편리하다. 또 연소 시 열량이 높고 액화 과정에서 불순물들이 많이 제거되어 깨끗한 연료로 각광받고 있다. 그러나 천연 가스는 −82℃ 이상의 온도에서는 아무리 압력을 가해도 액체가 되지 않으며, 천연 가스를 액화하려면 1기압에서 약 −162℃까지 온도를 낮추어야 한다. 수송선으로 운반한 LNG는 LNG 저장 탱크에 액체 상태로 저장되었다가 기화시켜 파이프를 통해 공급한다. 우리나라에서는 많은 지역에서 LNG를 도시가스로 공급하지만 일부 지역에서는 LPG를 공급하기도 한다. LNG를 사용하는 버스는 LNG 버스가 아니라 CNG 버스라고 부르는데, CNG는 압축 천연 가스로, 천연 가스에 압력을 가해 기체의 부피를 상당히 줄인 것이다.

❀ **LPG(액화 석유 가스)**

원유를 분별 증류할 때 가장 먼저 분리되어 나오는 석유 가스를 가압 · 냉각하여 액화한 것이다. LPG의 주성분인 프로페인이나 뷰테인은 압력을 가하면 상온에서도 비교적 쉽게 액화할 수 있으므로 가스통으로 공급된다. LPG는 석유의 정제 과정에서 얻으며, 액화하면 기체 부피의 $\frac{1}{250}$배 정도로 부피가 감소한다.

**토의하기**

휴대용 가스라이터의 연료는 뷰테인으로, 압력을 높게 하여 액체로 만들어 용기에 담은 것이다. 뜨거운 여름에 자동차 안의 온도가 높아지면 용기 내에서 뷰테인이 기화되고, 가스라이터 안의 압력이 커져 가스라이터가 폭발할 수 있기 때문에 자동차 안에 두면 안 된다.

# 1-4 밀도

**| 학습 내용 안내 |**

(1) 밀도의 정의를 알고, 고체와 액체의 밀도를 측정한다.
(2) 밀도가 물질의 특성임을 설명한다.
(3) 밀도의 크기에 따라 뜨고 가라앉는 현상을 설명한다.
(4) 우리 생활 속에서 밀도가 이용되는 예를 찾고, 그 원리를 설명한다.
(5) 혼합물의 밀도는 순물질과 어떻게 다른지 설명한다.

**| 학습 전개 |**

밀도의 정의와 단위를 알게 한다.



액체와 고체 물질의 밀도를 측정하는 방법을 습득하고, 여러 가지 물질의 밀도를 측정하도록 지도한다.



밀도가 물질의 특성임을 알고, 기체의 밀도에 대해 이해하게 한다.



우리 생활에서 밀도 차를 이용하는 예를 찾아서 설명할 수 있게 한다.



혼합물의 밀도가 순물질의 밀도와 어떻게 다른지 알게 한다.

**찾아보기**

- 과학 공화국 화학 법정 3. 물질의 성질(2007), 정완상, 자음과 모음
- 사이언스올 http://www.scienceall.com

## 1-4 밀도



**학습 목표**

- 밀도를 측정하고, 밀도가 물질의 특성임을 설명할 수 있다.

과일을 씻으려고 물이 든 개수대에 복숭아와 체리를 넣었더니 복숭아는 물에 뜨고, 체리는 물에 가라앉았다.
복숭아는 체리보다 훨씬 크고 무거운데 어떻게 물에 뜰 수 있을까?

물이 가득 들어 있는 페트병을 물에 넣으면 가라앉지만, 페트병이 비어 있을 때에는 물에 뜬다. 이는 페트병의 부피가 같더라도 질량이 다르기 때문에 나타나는 현상이다. 또한 튜브를 접어서 물에 넣으면 가라앉지만, 공기를 불어서 넣으면 물에 뜬다. 이것은 튜브의 질량은 거의 같지만 부피가 다르기 때문이다. 복숭아와 체리는 부피와 질량이 모두 다르므로 직접 비교할 수 없다. 이와 같이 어떤 물질을 구별할 때에는 질량 또는 부피의 크기만을 비교하지 않고, 같은 부피일 때의 질량 또는 같은 질량일 때의 부피를 비교한다.

물질의 특성을 비교하기 위해 어떤 물질의 질량을 부피로 나눈 것을 **밀도**라고 한다. 밀도의 단위로는 g/cm³ 또는 g/mL를 사용한다.

$$밀도 = \frac{질량}{부피}$$

**순물질의 밀도**

여러 가지 물질의 밀도를 측정해 보고, 밀도가 물질을 구별할 수 있는 특성이 될 수 있는지 알아보자.

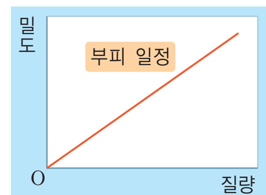
268 Ⅴ. 물질의 특성



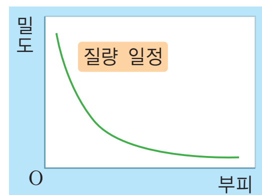

**❀ 밀도**

(1) **밀도** 물질의 질량을 부피로 나눈 값으로 물질마다 고유한 값을 지닌다.

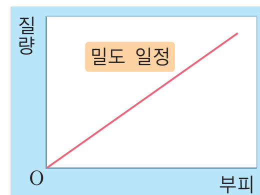
(2) **밀도와 관계있는 그래프**




❷ 질량과 밀도의 관계




❷ 부피와 밀도의 관계




❷ 부피와 질량의 관계

(3) **밀도 공식의 변형**

① $밀도 = \frac{질량}{부피}$ ② $질량 = 밀도 \times 부피$ ③ $부피 = \frac{질량}{밀도}$

## 탐구 활동 액체의 밀도 측정 실험

목표

액체의 밀도를 측정할 수 있고, 밀도를 이용하여 물질을 구별할 수 있다.

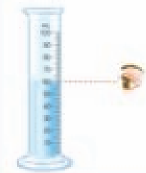
준비물

물, 에탄올, 눈금 실린더, 비커, 전자저울

탐구 도우미

전자저울 사용법
1. 저울을 평평한 곳에 놓고 전원을 켠다.
2. 영점을 조절한다.
3. 측정할 물체를 저울 위에 올려놓고, 계기판의 숫자가 변화가 없을 때 질량을 읽는다.

눈금 실린더의 눈금 읽는 법
눈금 실린더에 담긴 액체의 부피를 읽을 때에는 액체의 높이에 눈높이를 맞추고, 표면이 오목한 액체는 아랫면의 눈금을 읽는다.



과정



❶ 비커에 물을 $\frac{1}{3}$ 정도 넣고 질량을 측정한다.



❷ 비커의 물을 눈금 실린더로 옮긴 후 정확한 부피를 측정한다.



❸ 빈 비커의 질량을 측정한다.

❹ 액체의 질량을 계산한다.
액체의 질량 = ❶의 질량 − ❸의 질량

❺ 측정한 부피와 질량으로부터 액체의 밀도를 계산한다.

❻ 에탄올을 이용하여 과정 ❶~❺을 실시한다.

결과

측정한 질량과 부피를 기록하고 밀도를 계산해 보자.

| 물질 | 질량(g) | 부피(mL) | 밀도(g/mL) |
|---|---|---|---|
| 물 | | | |
| 에탄올 | | | |

해석

물질의 종류와 밀도의 관계를 설명해 보자.

탐구의 확장 고체의 밀도 측정

과정 ❶ 금속 조각의 질량을 측정한다.
❷ 금속 조각을 가는 실로 묶어 눈금 실린더의 물에 완전히 잠기게 넣고 부피를 측정한다.

해석 금속 조각의 밀도를 계산해 보자.

1. 여러 가지 물질의 특성 269

## 탐구 활동 실험

### 목표

액체의 밀도를 측정해 보고, 밀도를 이용하여 물질을 구별할 수 있다.

### 원리 설명

1 전자저울과 눈금 실린더의 사용법을 익혀 액체의 질량과 부피를 측정한다.
2 밀도는 단위 부피당 질량이며, 질량과 부피를 측정하여 밀도를 계산한다.
3 밀도는 물질의 특성이므로 밀도를 통해 물질의 종류를 안다.

### 유의점

1 전자저울을 사용할 때에는 반드시 영점 조절을 한 후에 사용하고, 저울의 측정 범위를 넘는 양을 저울 위에 올리지 않도록 한다.
2 전자저울은 예민한 기계이기 때문에 물건을 올려놓는 부분을 함부로 누르지 않도록 한다.

### 결과

| 물질 | 질량(g) | 부피(mL) | 밀도(g/mL) |
|---|---|---|---|
| 물 | 80.12 | 80.20 | 1.0 |
| 에탄올 | 38.5 | 48.6 | 0.8 |

### 해석

물의 밀도는 1.0 g/cm$^3$이고 에탄올의 밀도는 0.8 g/cm$^3$로 서로 다르다. 따라서 물질의 종류에 따라 밀도가 다르므로 밀도를 이용하여 물질을 구별할 수 있다.

## 탐구의 확장

### 해석

| 물질 | 질량 (g) | 부피 (mL) | 밀도 (g/mL) |
|---|---|---|---|
| 금속 1 (구리 조각) | 71.1 | 8.1 | 8.78 |
| 금속 2 (알루미늄 조각) | 23.0 | 8.6 | 2.67 |

### 효과적인 운영을 위한 Tip

1 액체의 밀도를 측정할 때, 눈금 실린더에서 부피를 먼저 측정하고 비커로 옮겨 질량을 측정하면 눈금 실린더 벽에 남은 액체로 인해 오차가 발생할 수 있다.
2 플라스틱 기구를 사용하면 파손의 위험이 없고, 메니스커스 모양이 편평하여 측정이 편리하지만 부피 측정용 유리 기구의 사용법을 익힐 수 없다.
3 액체의 종류별로 사용할 눈금 실린더를 따로 준비하는 것이 좋다.
4 탐구의 확장에서 고체의 밀도를 측정할 때에는 둥근 막대 모양의 금속 조각을 사용하면 눈금 실린더에 잘 들어가서 편리하다.
5 물질의 특성이라는 단원에 맞게 실험 재료는 순물질을 준비하는 것이 좋다.



## 과학 톺보기

### ❀ 밀도

(1) **밀도와 온도**　대부분의 물질은 온도가 올라가면 분자(또는 입자) 운동이 활발해지면서 부피가 증가한다. 물은 온도에 따른 밀도 변화가 크지 않은 편이지만 4℃에서 밀도가 1.000 g/mL로 가장 크며, 20℃에서는 0.998 g/mL이고 100℃에서는 0.958 g/mL이다.

(2) **밀도와 농도**　혼합물의 밀도는 성분 물질의 비율에 따라 달라진다. 수용액의 경우 대체로 물에 녹인 물질의 양이 많아질수록, 즉 농도가 커질수록 밀도가 커진다.



## 학습 자료실

### ❀ 부력

물에 뜨는 물질이라고 해도 물질마다 물속에 들어간 부분과 물 밖으로 나온 부분의 비율이 다른 것은 밀도만으로는 설명할 수 없다. 부력은 어떤 물체를 액체(예 물)에 넣었을 때 물체를 위로 밀어 올리는 힘이다. 물체의 전부 또는 일부가 물속에 잠기면 잠긴 부피만큼의 물의 무게에 해당하는 부력이 생긴다.

물속에서는 밀도가 큰 물체라도 부력이 작용하기 때문에 조금만 위쪽으로 힘을 주면 공기 중에서보다 물체를 쉽게 들어 올릴 수 있다. 밀도가 물보다 작은 물체는 위로 밀어 올리는 부력이 물체에 작용하는 중력보다 커서 위로 뜬다.

잠긴 부피가 감소하면 부력도 감소하므로 중력과 균형을 이룰 수 있는 만큼의 부피만 물에 잠기고 나머지는 물 밖으로 나온다. 예를 들어 밀도가 0.9 g/$cm^3$인 얼음은 90 %만 물속에 잠기고 10 %는 물 밖으로 나온다. 밀도가 작은 물질일수록 잠기는 부피에 대해 밖으로 나오는 부피의 비율이 크다.

부력은 액체인 물뿐만 아니라 기체인 공기 중에서도 작용하는데, 물체의 대부분을 공기보다 밀도가 작은 기체가 채우고 있지 않은 경우에는 부력보다 중력이 크기 때문에 위쪽으로 다른 힘이 작용하지 않으면 물체가 위로 뜨지 않는다.




❶ 그림 1-21 물질의 밀도 비교_ 밀도가 서로 다른 물질들을 긴 용기에 천천히 채워서 만든다.

물과 에탄올의 밀도는 서로 다르다. 밀도는 양에 관계없이 물질이 갖는 일정한 값으로, 물질의 종류에 따라 다르므로 물질을 구별할 수 있는 특성이다.

물에 복숭아와 체리를 넣으면 체리는 물에 가라앉지만 복숭아는 물에 뜨는 이유도 밀도 때문이다. 체리는 물보다 밀도가 크기 때문에 가라앉고, 복숭아는 물보다 밀도가 작기 때문에 물 위에 뜬다. 즉, 물보다 밀도가 크면 물 아래로 가라앉고 물보다 밀도가 작으면 물 위에 뜬다.

❸ 표 1-3 여러 가지 물질의 밀도(25℃)

| 고체(g/mL) | | 액체(g/mL) | | 기체(g/L, 1기압) | |
|---|---|---|---|---|---|
| 물질 | 밀도 | 물질 | 밀도 | 물질 | 밀도 |
| 얼음(0℃) | 0.92 | 에탄올(20℃) | 0.79 | 수소 | 0.08 |
| 알루미늄 | 2.70 | 물 | 1.00 | 헬륨 | 0.16 |
| 철 | 7.87 | 사염화 탄소 | 1.59 | 아르곤 | 1.63 |
| 금 | 19.3 | 수은 | 13.53 | 이산화 탄소 | 1.80 |

(자료: CRC Handbook)

표에서 보듯이 기체는 밀도가 매우 작기 때문에 밀도가 없는 것으로 생각할 수 있지만, 기체도 부피와 양을 갖기 때문에 밀도가 있다. 액체 물질이 상태 변화하여 기체가 되면 분자 사이의 거리가 멀어지면서 부피가 매우 커지지만 분자가 없어지는 것은 아니므로 기체도 밀도를 가진다.

예를 들어, 헬륨은 공기보다 밀도가 작기 때문에 풍선에 넣으면 풍선이 쉽게 떠올라 생일 파티나 행사장, 놀이공원 등에서 많이 사용한다. 하지만 전구 안에 들어 있는 아르곤은 공기보다 밀도가 크기 때문에 풍선에 넣으면 풍선이 아래로 내려앉는다.

기체는 온도와 압력에 따라 부피가 크게 달라지므로 밀도를 나타낼 때에는 온도와 압력을 같이 표시해야 한다.

참고 **기체의 밀도 단위**
기체는 고체나 액체보다 밀도가 매우 작기 때문에 단위로 g/mL보다 g/L를 사용하는 경우가 많다.

❹ 그림 1-22 놀이공원의 헬륨 풍선



**이런 실험도 가능해요!**　밀도를 이용한 실험하기

**| 수수깡 밀도 측정기 |**

(1) 수수깡을 10 cm 정도로 자른 후 한쪽 끝에 압정을 여러 개 꽂아 수수깡 밀도 측정기를 만든다. 이때 물이 담긴 수조에 수수깡이 수직으로 서면서 반쯤 잠기도록 압정의 개수를 조절한 후, 수면의 높이를 수수깡에 표시한다.
(2) 수수깡 밀도 측정기를 물 100 mL와 설탕 20 g을 섞은 설탕물이 담긴 수조에 넣고 수면의 높이를 수수깡에 표시한 후, 두 눈금 사이를 5등분이나 10등분하여 눈금을 그린다.
(3) 밀도를 모르는 설탕물에 수수깡 밀도 측정기를 넣어 그 밀도를 측정해 본다.

**| 설탕물의 밀도 비교하기 |**

(1) 비커 5개에 같은 양의 물을 넣고 설탕을 각각 0~4숟가락 넣어 녹인다.
(2) 각 비커에 다른 색깔의 물감이나 색소를 넣어 색을 띠게 한다.
(3) 스포이트로 설탕을 가장 많이 녹인 용액부터 긴 유리잔에 벽면을 따라 천천히 넣는다.

밀도는 우리 생활 속에서 다양하게 이용된다. 강에서 래프팅을 하거나 보트를 탈 때 밀도가 작은 구명조끼를 입으면 몸 전체의 밀도가 물보다 작아져서 물에 빠지지 않는다. 잠수함이 물에서 뜨고 가라앉을 때에도 밀도를 이용한다. 물속으로 가라앉을 때에는 잠수함의 특정 공간에 물을 채워 밀도를 크게 하고, 물 위로 떠오를 때에는 물을 빼고 공기를 채워 밀도를 작게 한다.



❸ 그림 Ⅴ-23 잠수함



❸ 그림 Ⅴ-24 래프팅

**혼합물의 밀도**

실내 수영장에서 수영을 하면 몸이 잘 뜨지 않지만, 바닷물에서 수영을 하면 실내 수영장에 비해 몸이 잘 뜬다. 이는 소금이 많이 녹아 있는 바닷물의 밀도가 실내 수영장 물의 밀도보다 크기 때문이다. 사해는 바닷물보다 소금이 더 많이 녹아 있어 가만히 있어도 몸이 물 위로 떠오른다.

이와 같이 혼합물의 밀도는 순물질의 밀도와 다르며, 성분 물질의 혼합 비율에 따라 달라진다.










**자기 주도 학습**

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
|---|---|---|
| 물질의 질량을 부피로 나눈 값을 무엇이라고 하는가? | 액화 천연 가스(LNG)와 액화 석유 가스(LPG)의 누출 경보기는 어떻게 설치하는 것이 좋은가? | 지구 온난화의 결과 극지방의 찬 바닷물의 밀도가 더 작아질 수 있다고 한다. 어떻게 이런 결과가 생길 수 있는지 조사해 보자. |

1. 여러 가지 물질의 특성 271

## 과학 돋보기

### ❀ 우리 생활 속에서 밀도의 이용

**(1) 밀도를 작게 한 경우**

① **애드벌룬**: 큰 풍선에 헬륨 기체를 채우면 상공에 오랫동안 떠 있는다.

② **고무보트**: 고무보트 안에 공기를 넣으면 물보다 밀도가 작아 물 위에 뜬다.

**(2) 밀도를 크게 한 경우**

① **잠수부**: 잠수부가 깊은 바닷속으로 들어갈 때에는 허리에 무거운 납덩어리를 매달아 잠수를 쉽게 한다.

② **소화기의 이산화 탄소**: 소화기에서 나오는 이산화 탄소는 공기보다 무거우므로 불이 난 지점으로 깔리면서 공기를 밀어 올려 산소의 공급을 차단하여 불을 끈다.

**(3) 잠수함** 잠수함의 선체 옆면에는 빈 탱크가 있고, 탱크 속에는 공기를 저장해 둔 압축 공기 탱크가 있다. 빈 탱크에 바닷물을 가득 채우면 잠수함 전체의 밀도가 커져서 잠수함이 물 밑으로 가라앉는데, 어느 정도 깊이까지 가라앉으면 바닷물이 들어오는 밸브를 잠가 조절한다. 그리고 압축 공기 탱크에 들어 있던 압축 공기가 이 탱크 속으로 들어오면서 탱크 안에 있던 바닷물을 잠수함 밖으로 빼내면 잠수함 전체의 밀도가 작아져서 잠수함이 물 위로 떠오른다.

## 자·기·주·도·학·습

### ▶ 개념 확인하기

밀도라고 하며 같은 부피에서의 질량을 비교해야 한다. 이때 비교할 부피는 1 $cm^3$(또는 1 mL)를 기준으로 하며, 1 $cm^3$의 질량을 밀도라고 한다.

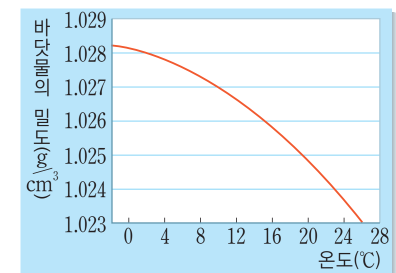
### ▶ 생활 속 문제 해결하기

액화 천연 가스(LNG)는 주성분이 메테인이다. 메테인은 밀도가 0.65 g/L(20℃)로 공기의 밀도 1.21 g/L(20℃)보다 작으므로 누출되면 위쪽으로 퍼진다. 따라서 LNG는 누출 경보기를 LNG를 사용하는 위치보다 위쪽에 설치한다. 액화 석유 가스(LPG)는 주성분이 프로페인과 뷰테인으로 조성에 따라 다르지만 밀도가 1.79~2.37 g/L로 공기의 밀도보다 크므로 누출되면 아래쪽으로 가라앉는다. 따라서 LPG의 누출 경보기는 LPG를 사용하는 위치보다 아래쪽에 설치한다.

LNG와 LPG 모두 무색무취의 기체이기 때문에 누출될 때 쉽게 감지하여 사고를 예방할 수 있도록 불쾌한 냄새가 나는 물질을 혼합하여 공급한다.

### ▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기

바닷물의 염분 조건이 같다면 바닷물의 밀도를 결정하는 것은 온도 뿐이다. 바닷물은 기온 차로 인해 적도 지방 바닷물의 밀도가 작고, 극지방 바닷물의 밀도가 크다. 그러나 지구 온난화의 결과로 빙하가 대규모로 녹을 경우 바닷물에 녹아 있는 염분의 농도가 상대적으로 작아지면서 극지방의 바닷물의 밀도가 감소할 수 있다.




❸ 염분이 35 ‰인 바닷물의 온도에 따른 밀도 변화

# 1-5 용해도

## 학습 내용 안내

(1) 용해와 용액, 용질, 용매의 의미를 설명하도록 한다.

(2) 용해도의 의미를 알고, 용해도가 물질의 특성임을 설명한다.

(3) 여러 가지 물질의 용해도 곡선으로부터 알아낼 수 있는 사실을 설명한다.

(4) 압력과 온도에 따른 기체의 용해도 변화를 설명한다.

(5) 퍼센트 농도(%)의 정의를 알고, 계산하도록 한다.

## 학습 전개

용해에 대한 용어와 정의를 알고, 이를 모형을 이용하여 이해하게 한다.



용해도 측정 실험을 통해 물질의 종류에 따라 일정 온도, 일정량의 용매에 녹을 수 있는 양이 다르다는 사실을 알게 한다.



용해도의 정의를 이해하고, 온도에 따른 용해도를 나타낸 용해도 곡선이 의미하는 바를 설명할 수 있도록 한다.



탄산음료에서 나오는 기포의 양을 통해 온도와 압력에 따른 기체의 용해도를 이해하도록 지도한다.



퍼센트 농도의 의미를 알고, 공식을 이용하여 퍼센트 농도를 계산할 수 있게 한다.

**찾아보기**

- 날마다 일어나는 화학 스캔들 104 제3장
용액의 화학(2005), Karukstis, K. K. 외 1저, 북스힐

---

Ⅴ. 물질의 특성

# 1-5 용해도

요르단과 이스라엘 국경에 있는 사해는 다른 바닷물보다 소금이 많이 녹아 있다. 사해는 지형적으로 들어온 물이 다른 곳으로 흐르지 못하고 계속 고이며, 매년 25~40℃에 이르는 더위 때문에 많은 물이 증발하여 소금 함유량이 높은 곳이다. 사해의 주변을 보면 소금이 독특한 모양을 이루면서 드러나 있는데, 소금은 왜 녹지 않고 여러 가지 모양으로 존재할까?

**학습 목표**
- 용해와 용액의 의미를 설명할 수 있다.
- 용해도의 의미와 용해도가 물질의 특성임을 설명할 수 있다.

### 용해와 용액

설탕이 물에 녹으면 설탕 분자들과 물 분자들이 고르게 섞여 균일 혼합물인 설탕물이 된다. 이와 같이 한 물질이 다른 물질에 녹아 고르게 섞이는 과정을 **용해**라고 한다. 이때 설탕물과 같이 서로 다른 두 물질이 고르게 섞여 있는 균일 혼합물을 **용액**이라고 하고, 설탕과 같이 다른 물질에 녹는 물질을 **용질**, 물처럼 용질을 녹이는 물질을 **용매**라고 한다.

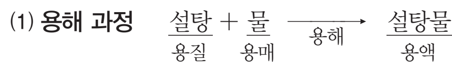



그림 1-25 설탕의 용해 과정

기체나 고체가 액체에 녹으면 기체나 고체는 용질이고, 액체는 용매가 된다. 기체와 기체, 액체와 액체가 혼합된 경우에는 적게 포함된 물질이 용질이고, 더 많이 포함된 물질이 용매이다. 즉, 액체뿐 아니라 기체도 용매가 될 수 있다. 예를 들어 공기는 가장 많이 존재하는 질소가 용매이고, 산소나 그 밖의 기체들은 용질이 된다.

272 Ⅴ. 물질의 특성

---




### 용해와 용액

(1) **용해 과정** 설탕(용질) + 물(용매) —용해→ 설탕물(용액)

(2) **용액의 종류** 보통 용액이라고 하면 소금물과 같은 액체만을 용액이라고 생각한다. 그러나 용액은 기체, 액체, 고체 모두 존재할 수 있다. 용액은 넓은 의미로는 물질의 상태와 관계없이 균일 혼합물을 의미한다. 예를 들어 공기는 질소, 산소, 이산화 탄소, 아르곤 등이 혼합된 기체 용액이며, 이때 용매는 공기 중에 가장 많이 존재하는 질소이고 그 외의 기체들은 용질이다. 고체에 고체가 섞인 혼합물은 고체 용액이며, 금속 합금을 예로 들 수 있다.

| 구분 | 용매 | 용질 | 예 |
| --- | --- | --- | --- |
| 액체 + 기체, 고체 | 액체 | 기체, 고체 | 소금물, 설탕물, 탄산수 |
| 기체 + 기체 | 양이 많은 것 | 양이 적은 것 | 공기 |
| 액체 + 액체 | | | 에탄올 수용액 |
| 고체 + 고체 | | | 스테인리스강 |

## 용해도

일정량의 물에 소금을 녹이면 소금이 어느 정도 녹다가 더 이상 녹지 않는다. 이처럼 일정량의 용매에 녹을 수 있는 용질의 양에는 한계가 있다. 이때 물의 온도가 높으면 소금이 더 많이 녹을 수 있다.

일정량의 용매에 용질을 최대로 녹일 때, 물질의 종류와 온도에 따라 녹는 양이 어떻게 달라지는지 살펴보자.

**용액의 이름**
'용질 이름 + 용매 이름 + 용액'으로 부르며, 용매가 물인 용액을 수용액이라고 한다.
예를 들어 소금물은 염화 나트륨 수용액, 설탕물은 설탕 수용액이다.

### 탐구 활동 | 용해도 측정 | 실험

**목표**
일정량의 용매에 녹는 용질의 양이 물질의 종류와 온도에 따라 다름을 알 수 있다.

**준비물**
염화 나트륨, 질산 칼륨, 붕산, 얼음, 실온의 물과 60°C의 물, 비커, 유리 막대, 전자저울, 약포지, 약숟가락, 온도계, 눈금 실린더, 장갑, 보안경

**과정**

❶ 염화 나트륨, 질산 칼륨, 붕산을 1 g씩 약포지에 담아 각각 10개씩 만든다.
❷ 세 개의 비커에 실온의 물을 10 mL씩 넣은 다음 염화 나트륨, 질산 칼륨, 붕산을 각각 1 g씩 넣고 녹인다. 이때 비커에서 시약이 녹지 않을 때까지 1 g씩 계속 넣으며 녹인다.
❸ 다른 세 개의 비커에는 60°C의 물을 10 mL씩 넣은 후 과정 ❷를 실시한다.
❹ 과정 ❸의 비커를 얼음물에 넣고 변화를 관찰한다.

**결과**

1 온도에 따라 각 물질이 최대로 녹은 양을 표에 기록해 보자.

| 구분 | 염화 나트륨(g) | 질산 칼륨(g) | 붕산(g) |
|---|---|---|---|
| 실온의 물 | | | |
| 60°C의 물 | | | |

2 세 비커를 얼음물에 넣었을 때 나타나는 현상을 기록해 보자.

**해석**

일정량의 용매에 녹는 물질의 양을 물질의 특성이라고 할 수 있는지 설명해 보자.

1. 여러 가지 물질의 특성 273

## 탐구 활동 실험

### 목표

일정한 양의 용매에 녹는 용질의 양이 물질의 종류와 온도에 따라 다름을 알 수 있다.

### 원리 설명

1 용해도는 물질의 종류에 따라 다르다.
2 대부분의 고체 물질은 온도가 높아지면 물에 대한 용해도가 증가하지만 그렇지 않은 것도 있다.
3 온도가 낮아지면 물에 녹아 있던 고체 물질이 다시 석출되어 나오며, 석출되는 양도 물질의 종류에 따라 다르다.

### 유의점

1 상대적으로 용해도가 크고 작음을 비교할 수 있으나 용해도 자체를 구하는 과정은 아닌 것에 유의한다.
2 60°C의 물은 뜨거우므로 화상을 입지 않도록 장갑을 끼고 다루도록 한다.

### 결과

1 온도에 따라 각 물질이 최대로 녹은 양

| 구분 | 염화 나트륨(g) | 질산 칼륨(g) | 붕산(g) |
|---|---|---|---|
| 실온의 물 | 4 미만 | 3 미만 | 1 미만 |
| 60°C의 물 | 4 미만 | 7 이상 | 2 미만 |

2 질산 칼륨은 많은 양의 고체가 석출되었고 염화 나트륨은 석출되는 양이 매우 적었으며, 붕산은 녹았던 양의 대부분이 석출된다.

### 해석

염화 나트륨, 질산 칼륨, 붕산은 물에 최대로 용해되는 정도가 각각 다르므로 일정한 양의 용매에 최대로 녹는 물질의 양은 물질의 특성이 될 수 있다. 그리고 실험 결과에서 볼 수 있듯이 온도가 달라지면 일정한 양의 용매에 최대로 녹는 물질의 양이 달라진다. 따라서 물질이 물에 최대로 녹은 양으로 물질을 구별하려면 반드시 온도가 일정한 상태에서 비교해야 한다.

### 효과적인 운영을 위한 Tip

1 학습 효과를 위해서는 모둠별로 전자저울을 하나씩 사용하여 고체의 질량을 1 g씩 측정하는 것이 좋으나 각 물질을 미리 1 g씩 준비하면 실험 시간을 단축할 수 있다.
2 질산 칼륨의 경우 60°C에서의 용해도만큼 녹으려면 1 g씩 포장한 약품이 11개 필요하지만 배부한 10개에서 실온의 물에 녹이고 남은 7개만 모두 녹여서 다른 물질들보다 용해도가 크다는 것만 관찰하도록 한다.
3 20°C에서 질산 칼륨과 염화 나트륨의 용해도는 각각 31.9와 35.9이므로 포장한 약품 3개와 조금 더 녹는 것으로 거의 같게 나올 것이다. 그러나 찬물을 사용할 경우 물의 온도가 대부분 20°C보다 낮으며 용해 과정이 흡열 과정이므로 용액의 온도가 조금 낮아져서 질산 칼륨은 2 g까지만 모두 녹고, 3 g은 모두 녹지 않는다.




❀ 용액과 용해도

(1) 용액의 분류

① 포화 용액: 용질이 용매에 최대로 녹아 있는 상태 ➡ 녹은 양=용해도

② 불포화 용액: 용질이 용매에 더 녹을 수 있는 상태 ➡ 녹은 양<용해도

③ 과포화 용액: 용질이 용매에 녹을 수 있는 양보다 더 많이 녹아 있는 상태로, 대체로 불안정하여 약간의 충격에도 용질이 쉽게 석출된다. ➡ 녹은 양>용해도

❀ 용해도 곡선에서 알 수 있는 것

① 일정 온도에서 물질의 용해도 비교: 예 40℃에서 용해도 비교 ➡ 질산 나트륨>질산 칼륨>염화 나트륨>붕산

② 일정 온도에서 용액의 포화 정도: 일정 온도에서 용액에 용질이 더 녹을 수 있는지 알 수 있다.

③ 온도 변화에 따른 용해도 변화: 예 질산 칼륨은 온도 변화에 따른 용해도 변화가 크고, 염화 나트륨은 온도 변화에 따른 용해도 변화가 크지 않다.

④ 용액을 냉각했을 때 용질의 석출량 계산: 석출되는 용질의 양=처음에 녹아 있던 용질의 양(g)−냉각시킨 온도에서 녹을 수 있는 용질의 양(g)

**용해도 비교** 온도가 높아지거나 물의 양이 많아지면 용질이 더 많이 용해될 수 있으므로 용해도를 나타낼 때에는 온도와 용매의 양을 정하여 비교해야 한다.

일정한 온도에서 용질이 용매에 최대로 녹아 있는 상태의 용액을 **포화 용액**이라고 한다. 그리고 포화 용액보다 용질이 적게 녹아 있어 용질이 더 녹을 수 있는 상태의 용액을 **불포화 용액**이라고 한다.

20℃의 물 100 g에 소금이 녹아 포화 용액이 되려면 약 36 g의 소금이 필요하다. 이에 비해 붕산은 5 g이 녹으면 더 이상 녹지 않고 포화 용액이 된다. 이렇게 일정한 온도에서 물에 녹아 포화 용액이 될 수 있는 용질의 양이 서로 다른 것은 물질의 특성이 된다.

이와 같이 일정한 온도에서 100 g의 용매에 용질을 최대로 녹여 포화 용액을 만들었을 때 녹아 있는 용질의 질량(g)을 그 온도에서의 **용해도**라고 한다.

표 Ⅰ-4 물에 대한 여러 가지 고체의 용해도(g/물 100 g)

| 물질(g) \ 온도(℃) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 염화 나트륨 | 35.6 | 35.9 | 36.4 | 37.0 | 37.9 | 39.0 |
| 붕산 | 2.7 | 5.0 | 8.8 | 14.8 | 23.9 | 37.6 |
| 질산 칼륨 | 13.6 | 31.9 | 62.9 | 109.2 | 170.3 | 242.5 |
| 질산 나트륨 | 73.0 | 87.3 | 104.1 | 123.7 | 147.5 | 176.2 |

(자료: CRC Handbook)

**석출** 고체의 용질이 녹아 있던 용액에서 용매와 분리되어 결정으로 만들어지는 현상이다.

20℃에서 붕산의 용해도는 5이다. 따라서 20℃의 물 100 g에 붕산 10 g을 넣으면 일부만 녹고 일부는 녹지 않는다. 이때 혼합물을 가열하면 붕산이 모두 녹는데, 이는 온도가 높아지면 용해도가 증가하기 때문이다.

여러 가지 물질의 용해도를 하나의 그래프에 나타내면, 물질의 종류에 따른 용해도를 쉽게 비교할 수 있다. 예를 들어 20℃의 물에 대한 용해도는 붕산보다 질산 칼륨이 더 크고 염화 나트륨, 질산 나트륨의 순서로 커진다.

용해도 곡선을 이용하면 온도가 달라질 때 용해도가 어떻게 변하는지도 쉽게 알 수 있다.

염화 나트륨은 온도가 높아지더라도 용해도가 크게 변하지 않지만, 질산 나트륨이나 질산 칼륨은 온도가 높아지면 용해도가 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 반대로 온도가 낮아지면 용해도가 줄어들어 용질의 일부가 석출되는데, 용해도 곡선에서는 석출되는 용질의 양도 알 수 있다.

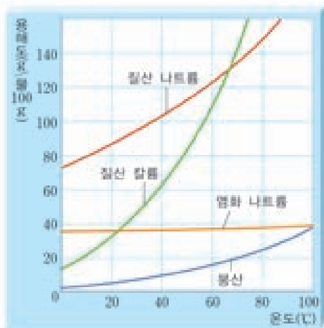



그림 Ⅰ-26 여러 가지 물질의 용해도 곡선



## 심화 학습 용해의 원리

(1) **용해의 원리** 용해 과정에서는 입자 간 힘을 이해하는 것이 중요하다. 입자 간 힘에는 용매와 용매 입자 사이의 힘, 용질과 용질 입자 사이의 힘, 용매와 용질 입자 사이의 힘이 있다. 용해는 용매와 용질 입자 사이의 인력이 용매 입자, 용질 입자끼리의 인력보다 크거나 비슷할 때 잘 일어난다.

용해 과정에서는 용질 입자 간, 그리고 용매 입자 간의 분리가 일어난 후 용질과 용매 사이의 상호 작용으로 용질과 용매가 섞이는 과정이 일어난다. 이때 만약 용질−용매 사이의 인력이 용매−용매, 용질−용질 사이의 인력보다 크면 용해 과정은 발열 과정이고, 용질−용매 사이의 인력이 용매−용매, 용질−용질 사이의 인력보다 작으면 용해 과정은 흡열 과정이다.

소금은 물에는 잘 녹지만 기름에는 잘 녹지 않는다. 이것은 소금을 이루고 있는 이온 사이, 즉 용질 사이의 인력이 정전기적인 인력으로 용질−용매 사이의 인력보다 매우 크기 때문이다. 기름과 같은 무극성 분자는 소금이나 물처럼 극성이 큰 물질과 잘 섞이지 않는다. 이것을 '끼리끼리 녹는다.'고 한다. 무극성 분자들끼리는 서로 인력이 크지 않지만 혼합되면 자유도(엔트로피)가 증가하므로 용해가 일어날 수 있다. 극성 물질이 물에 녹는 경우도 흡열 과정이 더 많다. 그러나 용해되는 동안 용질이 용매에 섞이면 자유도(엔트로피)가 증가하기 때문에 용해 과정이 흡열 과정이라도 용해가 진행될 수 있다.

(2) **염화 나트륨의 용해** 염화 나트륨과 같은 이온 결합 물질이 용해되는 경우에는 이온 사이의 강한 결합과 물 분자들 사이의 강한 인력이 끊어져야 하지만, 이온과 물 분자 사이에도 꽤 강한 인력이 작용한다. 염화 나트륨의 용해 과정은 약간의 열을 흡수하는 과정이지만 자유도가 크게 증가하므로 잘 일어난다.

## 기체의 용해도

사이다나 콜라와 같은 탄산음료는 이산화 탄소가 녹아 있기 때문에 톡 쏘는 맛이 있다. 그런데 마개를 열어 둔 탄산음료를 시간이 지난 뒤 다시 마시면 처음의 톡 쏘는 맛을 느낄 수 없다. 왜 그럴까?

세 개의 시험관에 탄산음료를 넣어 상온의 물과 따뜻한 물이 담긴 세 비커에 각각 넣고, 따뜻한 물에 넣은 한 개의 시험관 입구를 고무마개로 막는다.




❸ 그림 Ⅰ-27 기체의 용해도 비교

**인터넷 속 과학 세상**
에듀넷의 멀티 자료실에서 기체의 용해도에 대한 자료를 애니메이션으로 확인해 보자.
검색 기체의 용해도

입구를 막지 않은 두 시험관을 비교하면 압력은 같지만 온도는 다르다. 이때 상온의 물보다 따뜻한 물에 담긴 시험관에서 기포가 더 많이 발생하는 것으로 보아 이산화 탄소는 온도가 높을수록 용해도가 작음을 알 수 있다. 이것은 온도가 높아지면 기체 분자의 운동이 활발해져서 기체 분자가 용액에서 쉽게 빠져나오기 때문이다.

또 따뜻한 물에 담긴 두 시험관 중에서 고무마개를 막은 시험관은 안쪽의 압력이 커진다. 이때 고무마개로 막은 것보다 막지 않은 시험관에서 기포가 많이 발생하는 것으로 보아 압력이 클수록 이산화 탄소의 용해도가 큰 것을 알 수 있다. 압력이 크면 기체 분자가 용액 속으로 더 많이 녹아 들어 갈 수 있기 때문이다. 높은 압력에서 이산화 탄소를 많이 녹여 만든 탄산음료의 마개를 따면 거품이 생기는 것도 이 때문이다.

따라서 기체는 온도가 낮을수록, 압력이 높을수록 용해도가 커지므로 기체의 용해도를 나타낼 때에는 온도와 압력을 함께 표시하여야 한다.



**잠깐 체크** 개봉한 탄산음료를 식탁에 두었을 때보다 냉장고에 두었을 때 톡 쏘는 맛이 더 오래 유지되는 이유는 무엇인가?

1. 여러 가지 물질의 특성 275

### 심화 학습 기체의 분자 운동과 용해도

(1) **기체의 용해도와 온도** 일정한 압력에서 온도가 높아지면 액체 용액 속에 녹아 있던 기체의 분자 운동이 활발해진다. 그러면 용매 분자와의 인력을 이겨 내고 용액에서 떨어져 나가는 기체 용질의 분자 수가 많아지므로 기체의 용해도가 감소한다. 이와 같은 예는 발전소나 공장 등에서 볼 수 있다. 즉, 온도가 높아진 냉각수를 강이나 바다로 흘려보내면 물속 산소의 용해도가 감소하여 수중 생물이 죽을 수 있다.

(2) **기체의 용해도와 압력** 일정한 온도에서 압력이 커지면 기체는 압축되므로 기체의 밀도가 커진다. 그러면 액체 표면에 부딪치는 기체 분자 수가 많아져 용액으로 녹아들어 가는 기체 분자 수가 많아지므로 기체의 용해도가 증가한다. 이 관계를 나타낸 것이 헨리 법칙이다. 헨리 법칙에 따르면 주어진 온도에서 기체의 용해도는 용액 위에 있는 그 기체의 부분 압력($P$)에 비례한다. 즉, 압력이 2배가 되면 용해도가 2배가 된다.

$$\text{용해도} = k \times P \quad (k\text{: 기체의 종류와 기체의 특성에 따라 다르다.})$$

헨리 법칙은 암모니아나 염화 수소처럼 용해도가 큰 기체에는 적용되지 않는다.

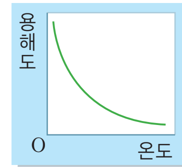


### 과학 돋보기

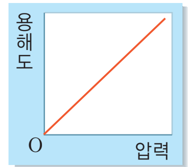
**❀ 기체의 용해도**

(1) **기체의 종류에 따른 용해도** 기체의 종류에 따라 물에 대한 용해도가 다르다. 수소, 산소, 질소 등은 물에 거의 녹지 않고, 이산화 탄소는 조금 녹는다. 그리고 암모니아, 염화 수소는 물에 잘 녹는다.

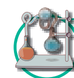
(2) **기체의 용해도 곡선** 기체의 용해도는 온도가 낮을수록, 압력이 높을수록 크다.




❷ 온도와 용해도




❷ 압력과 용해도



### 학습 자료실

**❀ 기체의 용해도가 감소하는 예**

(1) **압력이 낮아져서 기체의 용해도가 감소하는 예** 잠수부가 깊은 바닷속에서 작업을 하다가 갑자기 수면 위로 올라오면 잠수병에 걸리게 된다. 깊은 바닷속은 수압이 높아 호흡하기 위해 들이마신 공기 중의 질소가 혈액 속에 많이 녹아들어 간다. 그런데 잠수부가 갑자기 수면 위로 올라오면 압력이 낮아지므로 혈액 속의 질소 기체가 빠져나와 기포가 만들어진다. 이 기포가 혈액의 흐름을 막기 때문에 잠수병이 생기는 것이다.

(2) **온도가 높아져서 기체의 용해도가 감소하는 예** 더운 여름날에는 수온이 높아지기 때문에 물속에 녹아 있는 산소의 양이 감소하므로 물고기가 호흡하기 어려워진다. 따라서 물고기들이 수면으로 올라와 입을 뻐끔거리면서 호흡을 하는 것을 볼 수 있다.

**잠깐 체크**

냉장고 안의 온도가 더 낮으므로 탄산음료에 들어 있는 이산화 탄소가 더 느리게 빠져나오기 때문이다.




### ❀ 농도의 종류

(1) **퍼센트 농도(%)** 생활 속에서 가장 쉽게 접하는 농도는 퍼센트 농도이다. 퍼센트 농도에는 질량 퍼센트 농도와 부피 퍼센트 농도가 있는데, 기체 상태의 혼합물이 아니면 보통 질량 퍼센트 농도를 사용한다. 매우 묽은 용액의 경우에는 퍼센트 농도와 비슷하게 ppm이나 ppb 단위를 많이 사용한다. ppm은 parts per million을 의미하며, 1 ppm은 100만분의 1을 의미한다. 용액 1 kg에 용질 1 mg이 들어 있으면 1 ppm이다. ppb는 parts per billion을 의미하며, 1 ppb는 10억분의 1을 의미한다. 퍼센트 농도는 온도가 달라지더라도 변하지 않고, 적은 양을 다룰 때 편리하지만 화학 변화를 다룰 때 사용하기에는 불편하다.

(2) **몰 농도** 실험실에서 가장 많이 사용하는 농도이다. 몰 농도는 용액 1 L 속에 들어 있는 용질의 몰수를 나타낸다. 1몰의 양은 원자나 분자와 같이 작은 입자들의 양을 다룰 때 사용하는 것으로 $6.02 \times 10^{23}$개를 의미한다.

$$\text{몰 농도(M)} = \frac{\text{용질의 몰수}}{\text{용액의 부피(L)}}$$

몰 농도는 화학 반응을 다룰 때 반응하는 양들을 비교하는 데 유용하고, 용액의 양을 부피로 측정하여 사용할 수 있기 때문에 편리하지만 용액의 부피와 관계가 있어 온도에 따라 몰 농도가 달라지고, 용매의 양을 정확하게 알아내는 데는 불편하다.

(3) **몰랄 농도** 몰랄 농도는 용매 1 kg에 녹아 있는 용질의 몰수를 나타낸다.

$$\text{몰랄 농도(m)} = \frac{\text{용질의 몰수}}{\text{용매의 질량(kg)}}$$

몰랄 농도는 온도가 달라져도 변하지 않지만 화학 변화에 유용한 몰 농도로 환산하기에 불편하다. 그러나 상온의 묽은 수용액의 경우는 용질이 조금 녹아 있다고 해도 용매 1 kg의 부피인 1 L에서 크게 달라지지 않아 몰랄 농도와 몰 농도가 비슷한 값을 갖는다.

**농도**

국물 요리를 할 때 간을 맞추기 위해 소금을 넣는 경우가 있다. 싱거울 때에는 소금을 더 넣고, 짤 때에는 물을 더 넣는다. 이는 용매나 용질의 양에 따라 용액의 진하기가 달라지기 때문이다. 이와 같이 용액의 진한 정도를 나타내는 것을 **농도**라고 한다.

농도를 나타내는 방법에는 여러 가지가 있지만, 생활 속에서 가장 많이 사용하는 것은 퍼센트 농도(%)이다. 퍼센트 농도는 전체 용액에 포함된 용질의 질량 비율을 백분율로 나타낸 것으로서, 용액 100 g에 들어 있는 용질의 질량(g)을 의미한다. 예를 들어 10 % 설탕물은 100 g의 설탕물에 들어 있는 설탕의 양이 10 g이라는 뜻이다.

$$\text{퍼센트 농도(\%)} = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100 = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용매의 질량(g)} + \text{용질의 질량(g)}} \times 100$$

❶ 그림 I-28 퍼센트 농도가 사용된 예




퍼센트 농도(%)는 우리 주변의 식품이나 약품 등의 성분 함량 표시에 많이 이용된다. 예를 들어 식초는 4~7 % 아세트산 수용액이며, 콘택트렌즈를 세척할 때 사용하는 생리 식염수는 0.9 % 염화 나트륨 수용액이다.

자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 창의적으로 해결하기 | 과학과 생활 연관 짓기 |
| --- | --- | --- |
| 용해도에 영향을 주는 요인 세 가지를 써 보자. | 고추의 매운 맛을 내는 캡사이신이라고 하는 물질은 물에 잘 녹지 않고, 기름에 잘 녹는다. 고추를 먹고 매울 때에는 어떻게 하면 좋은지 알아보자. | 옷이나 어떤 물질의 표면이 오염되었을 경우 어떤 오염물이든지 모두 녹여 제거할 수 있는 물질을 개발할 수 있는지 조사해 보자. |

276 Ⅰ. 물질의 특성

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

용해도에 영향을 주는 요인은 용매 또는 용질의 종류, 온도, 압력 등이다. 단, 고체의 용해도는 기체와 달리 압력의 영향을 거의 받지 않는다.

▶ **창의적으로 해결하기**

입에서 매운 맛을 느끼는 것은 캡사이신이 입안에 남아 있기 때문이다. 따라서 이것을 녹일 수 있는 음식물로 입안을 씻어 주어야 한다. 물은 캡사이신을 녹이지 못하므로 기름, 즉 지방 성분을 포함한 우유를 먹는 것이 좋다.

▶ **과학과 생활 연관 짓기**

물은 기름에 잘 녹는 물질을 녹이지 못하고, 기름은 물에 잘 녹는 물질을 녹이지 못한다. 이와 같이 아무리 여러 종류의 물질을 녹일 수 있어도 모든 물질을 녹일 수 있는 물질은 없다. 그러나 물에 잘 녹는 물질들의 공통적인 특성과 기름에 잘 녹는 물질들의 공통적인 특성을 연구하면 좀 더 많은 물질을 녹일 수 있는 물질을 개발할 수 있을 것이다.



## 죽음의 호수

1986년 아프리카의 카메룬 북서쪽에 있는 니오스 호수 근처에서 1,700명이 넘는 사람들과 많은 가축들이 의문의 죽음을 당하였다. 처음에는 니오스 호수가 화산 지대에 위치하고 있어 이산화 황과 같은 유독한 화산 기체가 호수에서 발생하였기 때문이라고 생각하였다. 그러나 과학자들의 조사 결과 호수에서 발생한 기체는 이산화 탄소인 것으로 밝혀졌다.

이산화 탄소가 호수 밑바닥에서 방출될 경우 호수에 서서히 녹아들어 간다. 니오스 호수의 경우 깊은 곳은 깊이가 약 200 m나 되기 때문에 압력이 높아 많은 양의 이산화 탄소가 물에 녹을 수 있다. 이산화 탄소가 많이 녹아 있는 상태에서 어떤 원인에 의해 호수의 바닥 쪽에 있던 물이 위로 올라오게 되면 어마어마한 양의 이산화 탄소가 대기 중으로 나오게 된다. 대기 중으로 나온 이산화 탄소는 공기보다 밀도가 약 1.5배 커서 쉽게 확산되지 않고 낮은 곳으로 흐른다. 따라서 이산화 탄소가 마을을 뒤덮어 산소 부족으로 사람들과 가축들이 희생된 것이다.

❶ 이산화 탄소 방출에 의한 피해

현재까지 어떤 원인에 의해서 이산화 탄소가 방출되었는지 정확하게 알려져 있지는 않으나, 여러 연구 결과 산사태, 홍수 또는 호수 표면에서 일어난 비정상적인 강한 바람 등에 의해 일어난 것으로 추측된다. 지금도 호수 바닥에는 이산화 탄소가 계속 녹아들어 가고 있어 여전히 이러한 사건이 일어날 가능성이 있다. 이를 막기 위해 많은 과학자들이 호수의 특성을 연구하고 호수 바닥까지 파이프를 넣어 펌프로 물을 끌어올려 이산화 탄소를 미리 제거하는 방법 등을 시도하고 있다.

물음 호수에서 빠져나온 기체가 메테인($CH_4$, 밀도: 0.6 g/L)이었다면 기체의 방출 결과는 어떻게 달라졌을까?




❷ 이산화 탄소의 방출 과정

1. 여러 가지 물질의 특성 277



### ❀ 니오스 호수

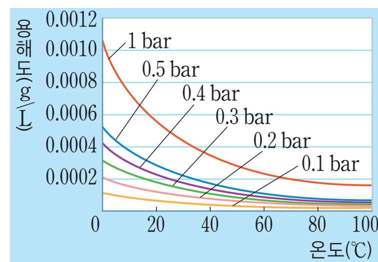
(1) **니오스 호수** 카메룬의 오쿠 화산 지대에 있는 호수로 화구호이며, 가장 깊은 곳은 깊이가 208 m이다. 대부분의 호수는 계절의 변화나 바람 등에 의해 적어도 1년에 한 번 정도는 호수 위아래의 물이 완전히 섞이지만 이 호수는 수십 년 또는 수 세기 동안 위아래의 물이 섞이지 않고 안정된 상태를 유지한다. 이와 같은 호수들 중 일부는 깊은 물속에 많은 양의 이산화 탄소나 다른 기체가 녹아 있다가 지진이나 홍수, 산사태 등으로 이 기체들이 방출될 수 있다. 그 예에 해당하는 곳이 니오스 호수, 모노운 호수 그리고 콩고와 르완다 국경 지대의 키부 호수이다.

(2) **이산화 탄소의 농도와 유해성** 이산화 탄소는 색이나 냄새가 없는 기체로, 공기 중에는 약 0.035 % 포함되어 있다. 이산화 탄소의 양이 적을 때에는 인체에 무해하지만 농도가 커지면 여러 가지 해를 입힐 수 있다. 즉, 이산화 탄소의 농도가 1 %를 넘어서면서 졸리거나 두통이 생길 수 있으며 이산화 탄소에 노출된 시간에 따라 다르지만 농도가 더 커지면 호흡이 빨라지고 10 %를 넘으면 호흡 곤란, 구토 등을 일으킨다. 그리고 17 % 정도를 넘으면 의식을 잃거나 경련을 일으키고, 마비를 일으켜서 사망에 이르게 된다.

**융합 STEAM**

### ❀ 온도와 압력에 따른 이산화 탄소의 용해도

이산화 탄소는 공기 중에 존재하는 대부분의 다른 기체들보다 물에 대한 용해도가 큰 편이다. 온도와 압력에 따른 이산화 탄소의 용해도는 다음 그래프와 같다. 이때 1기압=1.01325 bar=101,325 Pa이다.




❸ 압력과 온도에 따른 이산화 탄소의 용해도

깊은 물속은 압력이 커서 이산화 탄소가 많이 녹을 수 있다. 이 원리를 이용하여 대기 중의 이산화 탄소를 제거하는 방법도 많이 연구되고 있다.

### ❀ 이산화 탄소의 밀도

이산화 탄소는 공기보다 밀도가 약 1.5배 커서 아래로 가라앉는다.

### ❀ 화산 기체의 종류

화산 기체는 압력의 감소로 화산에서 분출되는 기체이다. 화산에서 분출되는 기체의 대부분은 수증기(60~80 %)이고, 그 다음으로 이산화 탄소가 많이 분출된다. 그리고 질소, 이산화 황 등이 있고, 그 외 소량의 수소, 일산화 탄소, 황, 황화 수소, 염소 등이 있다.

물음 이산화 탄소는 공기보다 밀도가 커서 바닥으로 가라앉고, 확산이 잘되지 않는다. 만약 호수에서 빠져나온 기체가 메테인이었다면, 메테인의 밀도는 0.6 g/L로 공기보다 밀도가 작기 때문에 호수 밖으로 방출되어도 산 아래쪽 마을로 내려가지 않고 하늘 위로 퍼져 나갔을 것이다. 따라서 이와 같은 비극은 일어나지 않았을 것이다.

# 2-1 끓는점 차를 이용한 분리

## | 학습 내용 안내 |

(1) 물질의 특성 중 끓는점 차를 이용하여 혼합물을 분리한다.

(2) 증류와 분별 증류를 이용하여 혼합물을 분리하는 원리를 설명한다.

(3) 분별 증류 장치의 각 부분의 특징을 설명하도록 한다.

(4) 끓는점 차를 이용하여 혼합물을 분리하는 예를 제시한다.

## | 학습 전개 |

끓는점 차를 이용하여 혼합물을 분리하는 방법인 증류의 기본 원리를 이해할 수 있게 한다.



단순한 증류와 달리 분별 증류가 필요한 경우를 이해하고, 분별 증류 방법을 설명할 수 있게 한다.



분별 증류 장치의 각 부분의 특징을 알게 한다.



원유의 분리와 공기의 분리 방법이 분별 증류인 것을 이해하게 한다.

찾아보기

- LG 사이언스랜드
  http: www.lg-sl.net
- 로빈슨 크루소 따라잡기(2007), 박경수 외 1 저, 뜨인돌 출판사(어린이 도서이지만 물을 얻는 분리 방법에 대한 과학적 내용이 잘 포함되어 있다.)



# 2-1 끓는점 차를 이용한 분리




학습 목표
- 물질의 특성 중 끓는점 차를 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.
- 끓는점 차를 이용한 혼합물 분리의 예를 말할 수 있다.

무인도에 홀로 남겨진다면 먹을 물을 구하는 것이 가장 중요하다. 그러나 사방에 온통 물이 있어도 바닷물은 짜기 때문에 마시면 오히려 더 갈증이 생겨 위험하다. 바닷물에서 마실 수 있는 물을 얻으려면 염류를 제거해야 하는데 어떻게 하면 좋을까?

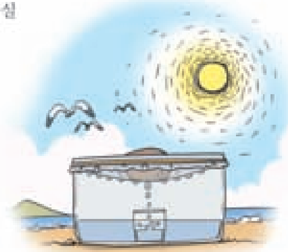
### 증류

바닷물에는 짠맛을 내는 소금을 비롯한 여러 가지 염류가 녹아 있다. 바닷물이 햇빛을 받으면 물이 증발하여 수증기가 되고, 염류는 그대로 남아 있게 된다. 이러한 과정을 통해 바닷물에서 천일염을 얻는데, 이와 같은 증발 과정을 거치면 바닷물에서 마실 수 있는 물도 얻을 수 있다.

바닷물이 담긴 그릇을 비닐로 덮고 햇빛을 쬐면 물이 증발하여 수증기가 되고, 이 수증기는 비닐에 닿아 액체 상태의 물이 된다. 비닐에 맺힌 물방울이 커지면 물이 비닐을 타고 내려와 아래쪽의 작은 그릇에 고이며, 이 물은 바닷물과 달리 안심하고 마실 수 있다.

국이나 찌개를 끓일 때에도 물이 증발하여 냄비 뚜껑에 물방울이 맺히는데, 이 물방울은 국이나 찌개의 액체 성분과는 달리 색과 맛이 없다.

탐구 혼합물 분리의 중요성
혼합물을 분리하는 것은 혼합물에 들어 있는 모든 물질을 각각 따로 얻기보다는 무인도에서 물을 얻는 것과 같이 원하는 물질만을 얻어내는 과정으로서 중요하다.








### ❀ 혼합물 분리의 필요성

여러 가지 물질의 혼합물을 각각의 성분 물질로 분리하는 것보다 더 중요한 것은 필요한 물질만을 얻어 내는 것이다.

염전에서 바닷물로부터 소금을 얻는 과정과 서아시아 지방 같은 곳에서 바닷물로부터 식수나 공업용수 등의 물을 얻는 과정은 바닷물 속의 염류와 물을 분리한다는 점에서 같은 원리를 이용한 것이다. 따라서 두 경우 모두 끓는점 차를 이용하여 분리할 수 있지만, 얻으려고 하는 물질이 다르기 때문에 분리 과정이나 분리 장치는 서로 다르다. 즉, 염전에서 소금을 얻는 경우에는 물이 끓는점에 도달하지 않더라도 물을 증발(기화)시키면 소금을 얻을 수 있다. 그러나 바닷물로부터 식수나 공업용수를 얻으려면 기화시킨 물을 다시 액화시켜야 하므로 별도의 장치가 더 필요하다.

혼합물 분리의 의의는 혼합물에서 원하는 물질을 분리하여 얻어 내는 것에만 있는 것은 아니다. 복잡한 혼합물인 시료에서 하나 또는 그 이상의 성분 물질을 분리하는 과정을 통해 혼합물 시료에 특정 물질이 들어 있는지 또는 혼합물 시료에 특정 물질이 얼마나 들어 있는지를 분석하는 것도 중요하다.

이와 같이 액체를 가열할 때 나오는 기체를 냉각하여 순수한 액체를 얻는 방법을 **증류**라고 한다. 증류는 주로 용액에서 액체 성분을 분리하는 데 이용된다.

실험실에서는 다른 물질이 포함되지 않은 순수한 물이 필요하다. 이때에도 증류를 이용하면 불순물이 제거된 상태의 물을 얻을 수 있다. 이처럼 증류 과정을 거쳐서 얻은 물을 **증류수**라고 부르며, 증류수는 순수한 물($H_2O$)이라고 할 수 있다.

증류 과정은 염화 나트륨 수용액과 같이 고체가 액체에 녹아 있는 혼합물을 분리하고자 할 때에도 이용한다.

염화 나트륨 수용액을 가열하면 끓는점이 매우 높은 염화 나트륨은 남아 있고, 끓는점이 낮은 물만 끓어서 기화된다. 기화된 수증기는 증류 장치를 따라 이동하다가 다시 식어서 액체 상태의 물이 된다.

그러나 염화 나트륨 수용액과 같은 고체와 액체의 혼합물과는 달리, 액체와 액체의 혼합물은 끓는점 차이가 크지 않기 때문에 단순한 증류 장치만으로는 물질을 분리하기가 어려워 분별 증류 과정이 필요하다.




그림 Ⅴ-29 염화 나트륨 수용액의 증류

핵심 체크 액체를 가열할 때 나오는 기체를 냉각하여 순수한 액체를 얻는 방법은 무엇인가?


클릭 <그때 그 사건>

**소줏고리**



곡류나 과일을 발효시켜 만든 발효주에는 약 10 %의 알코올이 들어 있다. 이를 증류하여 알코올의 비율을 높게 만든 것이 소주이다. 소주는 화학이 발달했던 아라비아에서 시작되었다고 하며, 우리나라에는 고려 시대 말 원나라로부터 들어왔다.

소줏고리는 발효주를 증류시켜 소주를 만드는 장치이다. 가마솥에 발효주를 넣고 그 위에 소줏고리를 얹어 밀가루 반죽으로 잘 밀폐시킨 후, 위에는 찬물이나 얼음을 담은 솥뚜껑같은 넓은 그릇을 올려놓는다. 아래에서 솥을 가열하면 술 성분들이 기화되었다가 다시 액화되면서 알코올의 비율이 높아진 소주가 소줏고리의 주둥이로 흘러나온다.

소줏고리

2. 혼합물의 분리 281



## 학습 자료실

### 바이오에탄올

발효 과정으로 술을 만들고 이를 증류하는 과정은 술을 빚는 데에만 사용되는 것은 아니다. 화학적으로 에탄올을 합성할 수 있게 된 것은 19세기였으며, 그 이전에는 술을 만들고 증류하는 것과 같은 방법으로 에탄올을 얻었다. 화석 연료가 고갈되어 감에 따라 과거와 같은 방법으로 얻는 바이오에탄올이 대체 연료 또는 신 · 재생 에너지로서 다시 부각되고 있다. 바이오에탄올을 얻는 과정은 술을 만드는 과정과 거의 같다. 탄수화물을 포함하고 있는 곡물을 산이나 염기를 이용하거나 아밀레이스와 같은 효소를 이용하여 포도당으로 분해하고, 이 포도당을 발효시킨다. 그러나 이 과정으로 얻을 수 있는 알코올의 농도는 약 10 %이므로 바이오에탄올을 연료로 사용하려면 증류 과정을 거쳐 에탄올만을 따로 얻어 내야 한다.

브라질에서는 바이오에탄올을 대량으로 생산하여 자동차 연료와 혼합하여 사용한다. 그러나 이와 같은 방법으로 바이오에탄올을 얻는 것은 식량 자원을 연료로 사용하는 셈이 된다. 나무를 사용하는 경우도 많이 연구되고 있는데, 이것은 포도당으로 분해하는 과정이 어렵고 다른 환경 문제를 일으킬 수 있는 가능성이 있다. 따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 바다에서 자란 해조류를 이용한 바이오에탄올이 많이 연구되고 있다.



## 과학 돋보기

### 증류

(1) **증류** 끓는점이 20~30℃ 이상으로 큰 차이가 있는 물질들의 혼합물을 분리할 때 이용한다. 이때 끓는점이 낮은 물질을 액체로 얻어 내거나 끓는점이 낮은 물질을 증발시켜 끓는점이 높은 물질을 얻어 내기도 한다.

(2) **분별 증류** 끓는점 차가 작고, 서로 잘 섞이는 액체 혼합물을 분리할 때 이용한다. 이때 끓는점이 낮은 물질부터 높은 물질 순서로 얻어 낸다.

(3) **증류의 원리** 에탄올과 물처럼 끓는점이 다른 두 액체 물질이 섞여 있는 혼합물을 가열하면 끓는점이 낮은 에탄올이 먼저 기체 상태로 될 것이므로 두 물질을 쉽게 분리할 수 있다. 그러나 끓는점 차가 20~30℃ 이상일 때에는 단순 증류 장치만으로도 분리할 수 있지만 에탄올과 물처럼 끓는점 차가 20~30℃ 이내일 때에는 단순 증류 과정만으로는 분리할 수 없다.

에탄올과 물의 혼합물은 에탄올의 끓는점인 78.3℃에서 끓기 시작하지 않는다. 에탄올 수용액은 에탄올의 증기 압력과 물의 증기 압력의 합이 대기압과 같아지는 온도에서 끓기 시작하는데, 그 온도는 혼합된 에탄올과 물의 비율에 따라 달라진다. 이상적인 경우로 가정하면 보통 에탄올과 물의 끓는점 사이의 어느 온도에서 끓기 시작한다. 같은 온도라면 에탄올이 물보다 휘발성이 더 커서 에탄올과 물의 혼합물의 증기에서는 원래의 액체보다 에탄올의 비율이 더 커진다. 그리고 그 증기를 냉각하면 에탄올의 비율이 증가한 용액을 얻을 수 있다.

**잠깐 체크**

혼합물을 가열할 때 끓어서 나오는 기체를 냉각시켜 순수한 액체를 얻는 방법은 증류이다.

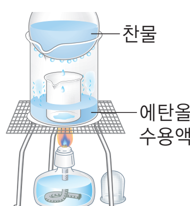
## 과학 돋보기



### 분별 증류

(1) **에탄올 수용액의 증류** 에탄올 수용액의 경우 에탄올의 농도가 묽으면 에탄올 증기의 농도도 묽기 때문에 불이 잘 붙지 않는다. 20 % 에탄올 수용액의 경우에도 불을 가까이하여 한참 가열하면 불이 붙기도 한다. 에탄올 수용액을 증류하여 얻은 액체는 에탄올의 농도가 진해지므로 불이 훨씬 잘 붙는다. 이것은 크기가 다른 두 비커를 이용한 간단한 실험 장치로 확인해 볼 수 있다.

큰 비커에 에탄올 수용액을 담고, 가운데에 작은 비커를 넣은 후, 큰 비커 위에 찬물을 담은 둥근 바닥 플라스크를 올려놓는다. 그리고 에탄올 수용액을 가열하면 기화가 일어나고, 이때 생성된 증기는 차가운 플라스크 바닥에서 액화되어 액체가 되며, 이 액체는 안쪽의 작은 비커로 떨어져 모인다. 이 액체는 에탄올의 비율이 증가하였으므로 불이 잘 붙는다.




(2) **분별 증류의 원리** 에탄올 수용액을 증류하여 끓는점이 낮은 에탄올의 비율이 더 커진 혼합 용액을 다시 가열하여 기화시키면 에탄올의 비율이 더 커진다. 이 증기를 다시 액화시키고, 또 다시 기화시키는 과정을 반복하면 에탄올의 비율이 점점 더 커져서 대부분 에탄올만 있는 액체를 얻을 수 있다. 이와 같은 과정으로 액체 혼합물을 분리하는 방법을 분별 증류라고 한다. 기화와 액화를 반복하는 과정이 연속해서 일어나도록 하기 위해 증류 장치에 긴 관을 설치하고, 긴 관의 효과를 높이기 위해 관의 안쪽을 나선형으로 만들거나 유리 조각 같은 것을 넣어 표면적을 크게 만든 것이 분별 증류관이다. 분별 증류관에서 기화와 액화가 반복되는 환류 과정을 통해 끓는점이 낮은 물질은 점점 위쪽으로, 끓는점이 높은 물질은 점점 아래쪽으로 나뉘게 된다.

**분별 증류**

물과 에탄올처럼 끓는점이 다른 액체들이 섞인 균일 혼합물을 분리할 때에도 끓는점 차를 이용할 수 있다. 에탄올과 물이 2 : 8로 섞인 혼합물과 이 혼합물을 가열해서 증류시킨 액체의 앞부분 절반 정도를 모아 각각 불을 붙이면 증류 전의 혼합물에는 불이 붙지 않지만 증류 후 얻은 액체에는 불이 잘 붙는다. 이것은 끓는점이 100 °C인 물보다 끓는점이 78 °C인 에탄올이 먼저 기화됨으로써 증류 후 얻은 액체에는 처음의 혼합물보다 에탄올이 훨씬 많이 들어 있기 때문이다.

그러나 이 액체는 순수한 에탄올이 아니며, 간단한 증류 장치로는 끓는점이 어느 정도 차이가 나더라도 혼합물을 완전히 분리해 내기 어렵다. 증류 후 얻은 액체를 다시 증류하여 모으는 과정을 반복하면 끓는점이 낮은 물질을 순수하게 얻을 수 있다. 이와 같이 여러 번의 증류 과정을 거쳐 끓는점 차가 적은 액체 물질의 혼합물을 각각의 성분 물질로 분리하는 방법을 **분별 증류**라고 한다.




그림 Ⅰ-30 물과 에탄올 혼합물의 증류 전후 비교

**물과 에탄올 혼합물의 분리**
물과 에탄올의 혼합물은 분별 증류 방법을 사용해도 에탄올을 95 % 순도까지만 얻을 수 있으며, 다른 방법으로 물을 제거하면 99 % 이상 순수한 에탄올을 얻을 수 있다.

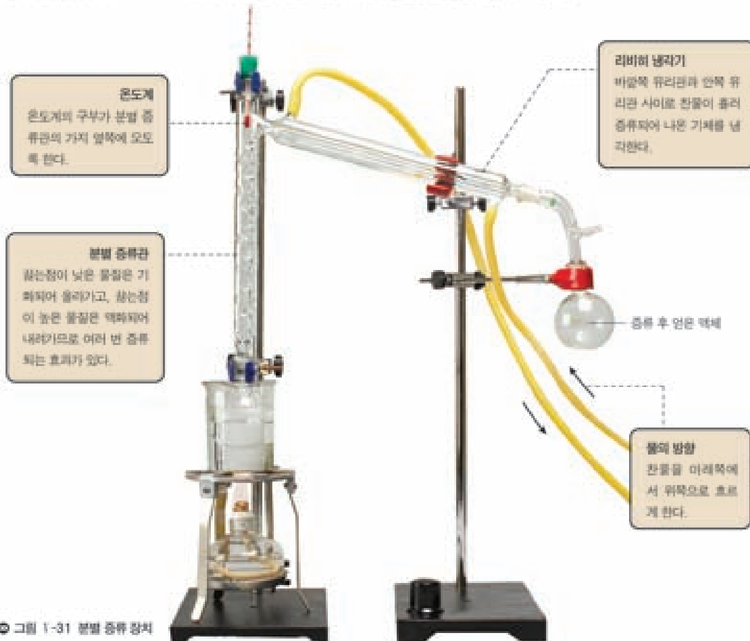



그림 Ⅰ-31 분별 증류 장치

282 Ⅰ. 물질의 특성

## 과학 돋보기



### 분별 증류 장치

분별 증류 장치에서 분별 증류관을 제거하면 단순한 증류 장치이다. 혼합물을 가열하는 동안 액체의 기화가 일어나고, 온도가 올라가면서 내부 기체의 부피도 증가한다. 장치의 중간 부분은 혼합물의 기화로 생성된 기체가 새지 않도록 잘 연결해야 하지만, 증류 장치 전체는 밀폐되지 않도록 증류된 액체를 받는 부분이 외부로 열려 있어야 한다.

(1) **리비히 냉각기** 혼합물을 가열하여 기화된 물질은 냉각기에서 다시 액체로 액화된다. 이 때 냉각기 안에 흐르는 물의 온도가 냉각기의 안쪽을 통과하는 기체에 의해 높아질 수 있으므로, 냉각기에 흘려주는 물은 증류된 물질의 이동 방향과 반대 방향이 되도록 아래쪽에서 위쪽으로 흐르게 해야 한다.

(2) **온도계** 온도계는 구부가 분별 증류관의 가지 옆쪽에 위치하도록 장치한다. 그 이유는 증류로 얻어지는 액체가 어떤 온도의 기체를 액화시킨 것인지 알아야 하므로 증류 과정에서는 끓고 있는 액체의 온도가 아닌 액화되기 직전의 기체의 온도를 측정해야 하기 때문이다.

(3) **끓임쪽** 액체 혼합물이 갑자기 끓어 넘치는 것을 막기 위해 다공성 물질로 된 끓임쪽을 넣어 준다.

분별 증류를 이용하여 혼합물을 분리하는 대표적인 예가 원유의 분리 과정이다.

정유 공장에서 원유를 가열한 후 증류탑으로 보내면 원유 혼합물은 증류탑을 따라 올라가다가 끓는점이 높은 물질이 증류탑 아래쪽에서 액화된다. 끓는점이 낮은 물질일수록 증류탑의 위쪽으로 계속 이동하다가 액화되므로 온도가 충분히 낮아진 후에 액체로 얻거나 증류탑의 가장 위쪽에서 기체로 얻을 수 있다.

**용어** LPG(액화 석유 가스)
주성분이 프로페인과 뷰테인으로 석유 가스를 액화시킨 것이다.

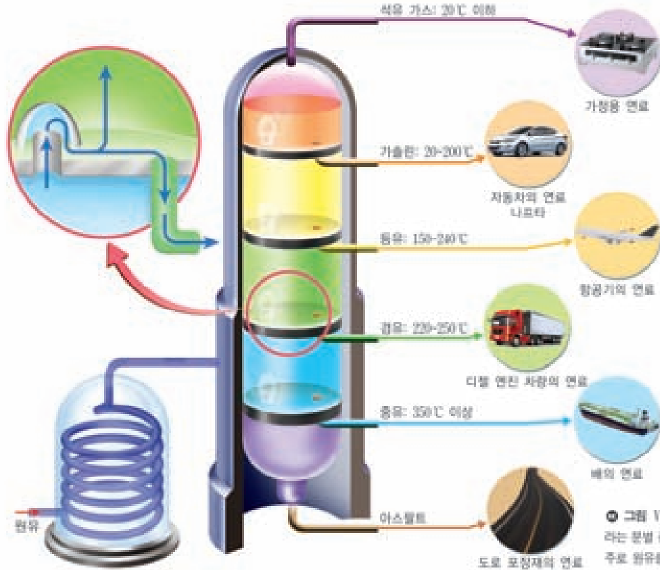



**그림 V-32 원유의 분리**_ 우리나라는 분별 증류 기술을 가지고 있으며, 주로 원유를 수입하여 분별 증류한다. 분별 증류하여 생산한 가솔린 중 일부는 국내에서 소비하고, 나머지는 원유보다 높은 가격에 산유국으로 수출한다. 이와 같이 과학은 우리나라의 경제에 중요하다.

분별 증류를 이용하면 기체 혼합물도 분리할 수 있다. 공기를 냉각하여 액체로 만든 후, 증류탑으로 보내면 끓는점이 가장 낮은 질소(끓는점 −196℃)가 먼저 기화되어 분리되고, 끓는점 차에 따라 아르곤(끓는점 −186℃), 산소(끓는점 −183℃)의 차례로 기체를 얻을 수 있다.

**자기 주도 학습**

- **개념 확인하기**: 증류가 여러 번 일어나게 하여 액체 혼합물을 분리하는 방법을 무엇이라고 하는가?
- **생활 속 문제 해결하기**: 프로페인(끓는점 −42℃)과 뷰테인(끓는점 −0.5℃)이 혼합되어 있는 연료를 분리할 수 있는 방법을 고안해 보자.
- **과학과 기술, 사회 연관 짓기**: 질소는 액체로 만들어 냉각제로 사용하는 경우가 많다. 산업 현장이나 실험실 등에서 액체 질소가 이용되는 예를 알아보자.

2. 혼합물의 분리 283



## 과학 돋보기

### ❀ 공기의 분별 증류

건조 공기를 분별 증류할 때 먼저 공기를 저온으로 냉각시키면 공기 중에 있던 수분과 이산화 탄소가 고체 상태로 되어 제거된다. 그리고 약 −200℃로 냉각하여 액체 공기를 만든 후, 다시 온도를 높이면 끓는점이 낮은 물질이 먼저 기화되어 나와 분리된다.

**건조 공기의 조성비와 끓는점**

| 구분 | 조성비(%) | 끓는점(℃) |
|---|---|---|
| 질소 | 78.084 | −195.798 |
| 산소 | 20.9476 | −182.953 |
| 아르곤 | 0.934 | −185.85 |
| 이산화 탄소 | 0.0314 | −78.434(승화) |
| 네온 | 0.001818 | −246.053 |
| 헬륨 | 0.000524 | −268.893 |
| 크립톤 | 0.000114 | −153.34±0.10 |
| 제논 | 0.0000087 | −108.09 |
| 메테인 | 0.0002 | −161.48 |
| 수소 | 0.00005 | −252.76 |

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

분별 증류

▶ **생활 속 문제 해결하기**

프로페인과 뷰테인의 혼합물이 들어 있는 용기를 영하의 냉동실에 넣고, 노즐을 통해 기체가 빠져나오도록 하면 기체 상태인 프로페인만 빠져나올 것이다. 따라서 빠져나오는 프로페인을 따로 모으면 용기에 남는 것은 액체 상태인 뷰테인이다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**

급속 냉동이 필요할 때나 극저온을 유지해야 할 때 이용된다. 즉, 병원의 실험실 등에서 샘플 조직을 보관할 때 조직의 변화를 최대한 막기 위해 급속히 냉동할 때 사용한다. 또 제대혈 은행, 정자 은행과 같이 장기간 세포를 보관해야 할 때나 핵자기 공명 장치에 사용하는 초전도 자석의 극저온 상태를 유지할 때에도 사용한다.

## ✚참고 자료 석유 화학 시대와 원유의 분별 증류

석유는 수천 년 전부터 인류가 사용해 오긴 했지만 현대와 같이 본격적으로 사용하게 된 것은 19세기 중반 석유를 분별 증류하여 사용하기 시작한 이후이다. 현대 생활은 석유로부터 얻는 석유 화학 제품으로 둘러싸여 있을 정도로 석유 화학 제품이 우리 생활 속에서 매우 중요하다.

원유는 탄소와 수소의 화합물인 여러 종류의 탄화수소 혼합물이다. 이 탄화수소는 탄화수소의 탄소 개수, 즉 분자량에 따라 끓는점이 다른 점을 이용하여 분별 증류한다. 원유를 가열하여 증류탑으로 보내면 끓는점이 높은 물질일수록 아래쪽에서 액화되고, 끓는점이 낮은 물질일수록 증류탑의 위쪽에서 액화되어 얻을 수 있다. 원유를 분별 증류하여도 순물질로 분리되는 것은 아니며, 끓는점이 비슷한 물질들끼리 혼합되어 있다. 원유를 분별 증류하면 끓는점이 낮은 순서에 따라 LPG 2 %, 휘발유 8 %, 나프타 12 %, 등유 · 경유 35 %, 중유(벙커-C유) 38 %, 아스팔트 · 잔사유 5 %의 석유 제품이 생산된다(출처: 석유 화학으로 만드는 세상(2009), 한국 석유 화학 협회). 이 중 나프타는 석유 화학 산업의 주요 원료로서 이를 더 분해하고, 분리 정제하여 석유 화학 제품 생산의 기본 물질들을 생산한다.

# 2-2 밀도 차를 이용한 분리

## | 학습 내용 안내 |

(1) 물질의 특성 중 밀도 차를 이용하여 혼합물을 분리한다.

(2) 밀도가 다른 고체 혼합물을 밀도 차를 이용하여 분리하는 방법을 설명한다.

(3) 실생활에서 밀도 차를 이용하여 고체 혼합물을 분리하는 방법이 이용되는 예를 찾도록 한다.

(4) 분별 깔때기의 사용 방법을 알고, 분별 깔때기를 이용하여 액체 혼합물을 분리하는 방법을 설명한다.

(5) 실생활에서 밀도 차를 이용하여 액체 혼합물을 분리하는 예를 찾아본다.

## | 학습 전개 |

밀도 차가 있는 고체 혼합물을 분리하는 방법을 예를 들어 이해하도록 지도한다.



실생활에서 밀도 차를 이용하여 고체 혼합물을 분리하는 예를 설명할 수 있게 한다.



서로 섞이지 않고 밀도 차가 있는 액체 혼합물을 분리하는 방법의 원리와, 이때 사용하는 분별 깔때기의 사용법을 알게 한다.



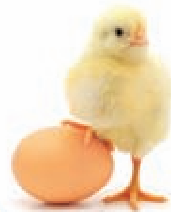
실생활에서 밀도 차를 이용하여 액체 혼합물을 분리하는 예를 설명할 수 있게 한다.

**찾아보기**

- 요리로 만나는 과학 교과서(2004), 이영미, 부키
- kisti의 과학 향기 http://sencetkisti.tistory.com

Ⅰ. 물질의 특성

# 2-2 밀도 차를 이용한 분리





**학습 목표**

- 물질의 특성 중 밀도 차를 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.
- 밀도 차를 이용한 혼합물 분리의 예를 말할 수 있다.

요리를 하기 위해 달걀을 깨어 떨어뜨려 보면 어떤 것은 노른자가 봉긋한데, 어떤 것은 노른자가 바로 퍼지는 경우가 있다. 이는 달걀의 신선도에 따라 달라지는 것인데, 요리를 하기 전에 어떻게 신선한 달걀과 오래 된 달걀을 골라낼 수 있을까?

### 고체 혼합물의 분리

양이 많거나 크기가 작아 손으로 분리하기 어려운 고체 혼합물은 밀도 차를 이용하면 쉽게 분리할 수 있다.

금이 포함된 암석이 풍화되면 작은 금 알갱이들이 강가나 강 밑의 모래에 섞여 있을 수 있다. 이것을 사금이라고 하는데 사금을 그릇에 담고 살살 흔들어 주면서 물을 따라 내면, 밀도가 큰 금은 그릇에 남고 밀도가 작은 모래는 물과 함께 제거된다.



그림 Ⅰ-33 사금 채취

톱밥과 모래가 섞여 있을 때에도 혼합물을 물에 넣으면 물보다 밀도가 작은 톱밥은 물 위에 뜨고, 물보다 밀도가 큰 모래는 가라앉는다. 물 위에 뜬 톱밥을 건져 낸 후 물을 제거하면 톱밥과 모래를 분리할 수 있다.

이와 같이 밀도가 다른 두 고체 물질이 섞여 있을 때에는 두 고체가 모두 녹지 않고 밀도가 두 고체 물질의 중간 정도인 용매를 이용하면 쉽게 분리할 수 있다.




그림 Ⅰ-34 톱밥과 모래 혼합물의 분리

284 Ⅰ. 물질의 특성





### 밀도 차를 이용한 고체 혼합물의 분리

(1) **기본 원리** 밀도가 큰 물질은 아래로 가라앉고, 밀도가 작은 물질은 위로 뜬다.

(2) **물 이용** 물에 넣어 물에 뜨는 것과 가라앉는 것으로 분리한다. 이는 물보다 밀도가 큰 물질과 작은 물질의 분리에 이용된다. 예 모래와 톱밥 분리하기 ➡ 밀도: 모래>물>톱밥

(3) **소금물 이용** 적당한 농도의 소금물에 넣어 소금물에 뜨는 것과 가라앉는 것으로 분리한다. 이는 물보다 밀도가 큰 고체 혼합물의 분리에 이용한다. 예 좋은 볍씨 고르기 ➡ 밀도: 좋은 볍씨>소금물>쭉정이

(4) **부력 차이 이용** 밀도가 큰 물질보다 밀도가 작은 물질의 부력이 큰 성질을 이용한다.

① 물보다 밀도가 큰 고체 혼합물을 분리하는 경우: 물에서 살살 흔들어 주는 것만으로 상대적으로 밀도가 작은 물질이 더 쉽게 떠오르는 현상을 이용하여 분리한다. 예 사금 채취 ➡ 밀도: 금>모래, 조리질 ➡ 밀도: 흙, 돌>곡식

② 물에 넣기 곤란한 고체 혼합물을 분리하는 경우: 공기 중에서 바람을 이용하면 밀도가 작은 물질은 쉽게 날리고 밀도가 큰 물질은 가라앉는 성질을 이용하여 분리한다. 예 키질 또는 풍구 이용 ➡ 밀도: 흙, 돌>곡식>껍질이나 티끌

밀도 차를 이용하여 혼합물을 분리하는 방법은 실생활에서 다양하게 이용된다. 벼농사를 시작하기 전에 충실한 볍씨를 고르는 과정이 좋은 예이다. 볍씨를 소금물에 넣었을 때 밀도가 작아서 뜨는 볍씨는 골라내고, 밀도가 커서 가라앉는 볍씨를 이용하여 농사를 지으면 좋은 쌀을 얻을 수 있다.

껍질을 벗긴 곡식에서 껍질을 제거할 때에도 밀도 차를 이용한다. 키는 우리 조상들이 사용한 전통적인 도구로서, 키를 까부르면 밀도가 작은 껍질이나 티끌은 바람에 날려 제거되고, 밀도가 큰 돌은 키 안쪽에 남아 곡물만 분리된다. 풍구라고 하는 기구도 곡식의 낟알과 껍질을 분리할 때 사용한다. 과거의 수동식 풍구는 중간에 달린 손잡이를 돌려 바람을 일으키면 곡식이 아래로 떨어지는 동안 티끌과 껍질은 바람에 의해 제거된다. 현대에는 전기를 이용하는 전동식 풍구를 사용한다.


그림 Ⅰ-35 키


그림 Ⅰ-36 볍씨 고르기



그림 Ⅰ-37 수동식 풍구

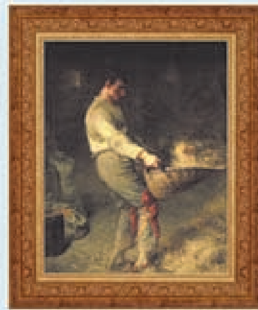
인터넷 과학 세상
우리 조상들이 사용한 풍구에 대해 조사해 보자.
검색 풍구

잠깐 체크 모래와 스티로폼 가루가 섞인 혼합물은 어떻게 분리할 수 있을까?

**이미지 사이언스** 키질하는 농부

곡식에서 벗겨 낸 껍질을 밀도 차를 이용하여 분리하는 키는 우리나라뿐만 아니라 서양에서도 사용된 기구이다. 밀레의 '키질하는 농부'에는 키를 사용하는 모습이 잘 표현되어 있다.

밀레는 프랑스의 화가로서, 기존의 화풍과는 달리 농부들의 일상생활과 같은 현실적인 그림들을 그렸다. 프랑스 파리의 오르세 미술관에 있는 이 작품도 '이삭 줍는 여인들', '만종' 등과 함께 밀레의 독특한 화풍을 나타낸 그림 중의 하나이다.


키질하는 농부_밀레

2. 혼합물의 분리 285


## 과학 돋보기

### ❀ 볍씨 고르기에 사용하는 소금물의 농도

볍씨 고르기에 사용하는 소금물의 농도가 너무 진하면 속이 찬 볍씨까지 떠오르게 되고 너무 묽으면 쭉정이도 잘 떠오르지 않고 가라앉아 있게 된다. 따라서 소금물의 농도를 잘 맞출 필요가 있다. 일반적인 경우 소금물이 진할수록 소금물의 밀도가 크고, 묽을수록 밀도가 작다는 사실을 이용하여 적당한 소금물의 농도를 맞춘다. 보통 메벼는 밀도(또는 비중)가 1.13, 찰벼는 1.04인 소금물을 사용한다. 밀도를 측정하는 전통적인 방법은 달걀을 띄워보는 것이다. 달걀이 500원 동전 크기만큼 물 위로 나오면 메벼 고르기에 적당하다. 소금물에 가라앉았던 볍씨는 건져 내어 깨끗한 물로 씻고 말려서 사용한다.

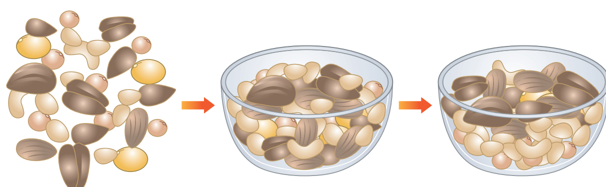
**잠깐 체크**

모래와 스티로폼 가루가 섞인 혼합물을 물에 넣으면 모래는 물보다 밀도가 커서 가라앉고, 스티로폼 가루는 물보다 밀도가 작아 물 위에 뜬다. 따라서 스티로폼 가루를 건져 내고 물을 따라 내면 모래와 스티로폼 가루를 분리할 수 있다.

**+참고 자료** 브라질 땅콩 효과

크기가 다른 고체 입자들이 혼합되어 있는 것을 흔들면 크기가 큰 입자일수록 위로 올라오고, 크기가 작은 입자일수록 아래로 내려가는 것을 볼 수 있다. 이 현상을 브라질 땅콩 효과라고 한다.

브라질 땅콩 효과라는 이름은 여러 종류의 혼합 견과류 상품을 뜯으면 크기가 큰 브라질 땅콩이 가장 위에 올라와 있다는 사실에서 붙여진 이름이다.


여러 가지 혼합 견과류가 나뉘는 과정

고체 입자의 혼합물에서는 밀도가 큰 입자가 아래로 내려가고, 밀도가 작은 입자가 위로 올라갈 것 같지만 실제로는 밀도보다 입자의 크기에 따라 분리된다. 여러 크기의 입자들이 섞여 있는 혼합물을 흔들면 입자들이 용기 내에서 마치 대류가 일어나는 것처럼 움직이게 되는데, 이때 큰 입자들 사이로 작은 입자들이 빠져나가게 된다. 그 결과 작은 입자들이 아래쪽에 모이게 되고, 큰 입자들은 위쪽으로 모이게 된다.

브라질 땅콩 효과는 가루약이나 분말형 화장품을 운반하는 과정에서 문제를 일으켜 왔기 때문에 과학자들이 이 현상에 대해 연구를 진행해 왔다. 과학자들은 브라질 땅콩 효과뿐만 아니라 고체 입자들의 운동에 대한 여러 가지 분야에 대해 많은 연구를 하였으며, 이 연구 결과들은 시멘트 재료의 운반, 지진이나 흙더미가 무너지는 현상 등 다양한 분야를 이해하는 데 도움을 주고 있다.



## 학습 자료실

### ❀ 서로 섞이지 않는 액체 혼합물의 분리

(1) **원리** 서로 섞이지 않고 밀도 차가 있는 액체 혼합물의 경우 밀도가 작은 액체는 위에 뜨고, 밀도가 큰 액체는 아래로 가라앉아 두 층으로 나누어지므로 밀도 차를 이용하여 분리할 수 있다.

(2) **분리 기구**

① 스포이트: 혼합물의 양이 적을 때 사용하며, 위층의 액체부터 분리한다.

② 분별 깔때기: 혼합물의 양이 많을 때 사용하며, 아래층의 액체부터 분리한다.

(3) **실험실에서 많이 이용하는 예** 물과 섞이지 않는 사염화 탄소, 다이클로로메테인, 에테르, 헥세인 등과 물의 혼합물을 분리할 때 이용한다. ➡ 밀도: 사염화 탄소, 다이클로로메테인 > 물 > 에테르, 헥세인

## 과학 돋보기

### ❀ 분별 깔때기 사용 시 주의 사항

(1) 분별 깔때기를 사용하는 동안 콕이 불필요하게 열리지 않도록 주의한다.

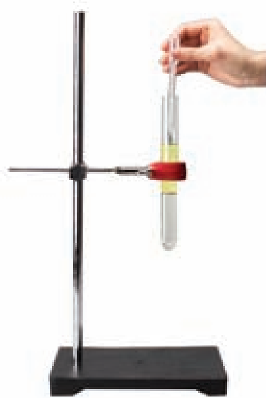
(2) 콕을 돌려 아래층의 액체를 먼저 받아 낸 후 위층을 따라 내야 한다. 아래층과 위층의 경계 부분에서는 두 층을 완전하게 분리하여 얻을 수 없다. 따라서 아래층을 충분히 받아 낸 후에 위층은 입구 쪽으로 따라 내야 두 층이 섞이지 않은 상태로 따로 얻을 수 있다.

(3) 콕을 열 때에는 반드시 마개를 연 후에 콕을 열어야 한다. 마개를 열지 않으면 콕을 통해 아래층 액체가 빠져나가면서 내부 압력이 감소하여 마개가 입구에 깊이 들어가 빼내기 어려워질 수 있다.

(4) 경계면에서 에멀션이 생성될 수 있다. 혼합물을 분리할 때 에멀션이 많이 생기면 이 부분은 과감히 버려야 순수한 물질을 얻을 수 있다.

**스스로 해결하기**

분별 깔때기는 서로 섞이지 않는 ( 액체 ) 혼합물을 분리할 때 이용한다.



❸ 그림 Ⅰ-38 스포이트를 이용한 혼합물의 분리

**액체 혼합물의 분리**

요리를 할 때 사용하는 간장과 참기름을 혼합하면 섞이지 않고 밀도 차에 따라 두 층으로 나뉜다. 두 액체 중에서 밀도가 큰 간장이 아래층, 밀도가 작은 참기름이 위층에 놓인다. 그러므로 위층을 먼저 잘 따라 내고 아래층을 따로 모으면 간장과 참기름을 쉽게 분리할 수 있다.

실험실에서는 물과 기름처럼 서로 섞이지 않는 두 액체 혼합물을 분리할 때 여러 기구를 이용할 수 있다. 혼합물의 양이 적을 때에는 혼합물을 시험관에 넣어 스포이트를 이용하여 위층과 아래층을 따로 떠내어 분리한다.

**분별 깔때기**는 아래쪽에 콕이 달린 기구로, 이를 이용하여 액체 혼합물을 분리한다. 분별 깔때기는 아래쪽의 콕 부분이 가늘게 되어 있어 두 액체의 경계 부분에서 잃어버리는 양을 적게 하면서 분리할 수 있다. 이처럼 분별 깔때기를 이용한 혼합물의 분리 방법을 **분별 깔때기법**이라고도 하며, 서로 섞이지 않아서 경계가 생기는 액체 혼합물을 분리할 때 사용할 수 있다.

스스로 해결하기

분별 깔때기는 서로 섞이지 않는 (　　　) 혼합물을 분리할 때 이용한다.



❶ 콕을 닫고 혼합물을 분별 깔때기에 넣는다.



❷ 혼합물의 층이 분리되도록 기다린다.



❸ 콕을 돌려 아래층의 액체를 비커에 받는다. 이때 경계면의 액체는 따로 모은다.



❹ 분별 깔때기의 입구로 위층의 액체를 다른 비커에 따라 낸다.

❸ 그림 Ⅰ-39 분별 깔때기를 이용한 혼합물의 분리

286 Ⅰ. 물질의 특성

**참고 자료** 에멀션–기름과 물을 혼합하는 방법

기름과 물은 서로 섞이지 않으므로 용액, 즉 균일 혼합물을 만들지 않는다. 그러나 로션이나 크림, 마요네즈와 같이 물과 기름이 혼합된 에멀션을 만들어 사용하는 경우가 있다. 물과 기름이 아주 작은 덩어리로 나뉘어 하나의 액체에 다른 액체가 분산되어 있는 불균일 혼합물인 콜로이드 용액을 만들 수 있는데, 이것이 에멀션이다.

마요네즈는 수용액인 식초와 식용 기름을 혼합하여 전체를 에멀션으로 만든 것이다. 오래된 마요네즈의 경우에는 윗부분에 소량의 기름이 분리되어 떠 있는 것을 볼 수 있다. 마요네즈에서 층이 분리되지 않게 하기 위해서 달걀노른자에 들어 있는 레시틴을 유화제로 사용하는데, 유화제는 기름과 친한 친유성 부분과 물과 친한 친수성 부분이 한 분자 내에 있어서 기름과 물이 서로 섞이도록 해 주는 물질이다.

유화제가 없어도 에멀션이 일부 형성되는 경우도 있다. 사염화 탄소와 같이 물에 녹지 않는 무극성 물질도 물과 섞어서 흔들어 주면 일부분이 거품 모양의 에멀션을 만들면서 혼합된다. 혼합물을 분리하는 과정에서 이러한 에멀션이 생성되면 쉽게 분리되지 않으며, 오랜 시간 놓아두어야만 분리되어 혼합물의 분리에 어려움을 주기도 한다.

기름이 바다에 유출되면 기름은 물과 섞이지 않으며 바닷물보다 밀도가 작아 바닷물 위에 뜬다. 이때 기름이 더 퍼지지 않도록 띠를 두른 후 띠 안의 기름을 떠내거나 흡착포 등에 흡수시켜 제거한다.



그림 Ⅰ-40 바다에 유출된 기름의 제거

잠깐 체크 바다에 기름이 유출되었을 때 물과 기름이 섞이지 않는 이유는 무엇 때문인가?

**과학 자료실** 원심 분리기

혈액과 같이 내용물이 잘 분리되지 않는 불균일 혼합물은 원심 분리기를 이용하면 쉽게 분리할 수 있다. 예를 들어 혈액을 원심 분리기에 넣으면 밀도가 큰 혈구가 혈장과 분리된다.

원심 분리기는 생명 과학 분야의 실험이나 연구 과정에서 많이 사용되고 의료용으로 혈액이나 타액, 소변을 분석하는 과정에서도 사용된다. 화학 분야에서는 물에 녹지 않으면서 잘 가라앉지 않는 앙금을 분리하는 데에도 사용하고 산업 분야에서는 폐수 처리 과정, 의약품의 농축과 정제, 고체 폐기물의 처리 과정 등에 이용한다.

원심 분리기

**자기 주도 학습**

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
| --- | --- | --- |
| 서로 섞이지 않는 두 액체 물질을 분리하는 데 사용하는 기구의 이름은 무엇인가? | 밀도가 다른 두 액체 혼합물을 분리하는 생활 속 사례를 찾아보자. | 폐기물 처리장에서는 밀도 차를 이용한 분리 방법이 어떻게 이용되는지 알아보자. |

2. 혼합물의 분리 287

## 관련 지식

### 드레인 볼트

액체를 담는 통에는 아랫부분에 액체를 따라 낼 수 있는 구조를 만드는 경우가 있는데, 이런 것들을 모두 드레인 볼트 또는 드레인 플러그라고 한다. 자동차의 엔진오일이나 냉각수를 교환할 때에도 드레인 볼트를 풀어 엔진오일이나 냉각수를 빼내고 위쪽에서 새 엔진오일이나 냉각수를 넣는다. 연료통에 드레인 볼트가 있는 자동차도 있고 없는 자동차도 있는데, 특별한 경우가 아니면 연료통의 드레인 볼트를 사용하는 일은 별로 없다.

**잠깐 체크**

기름이 물보다 밀도가 작아서 물 위에 뜨는 성질을 가지기 때문이다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

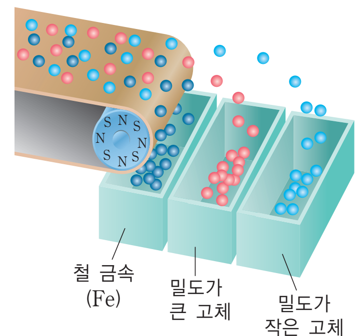
분별 깔때기

▶ 생활 속 문제 해결하기

쇠고기를 물에 넣고 곰국을 끓일 때 나오는 기름은 물보다 밀도가 작아서 국 위에 뜨기 때문에 숟가락으로 잘 걷어 내서 기름을 제거한다.

▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기

고체 폐기물을 분리할 때에는 폐기물을 분쇄한 후 벨트 컨베이어를 지나게 한다. 이때 철은 자석에 붙으므로 자석으로 분리하고, 벨트의 끝 부분에서 밀도가 큰 폐기물은 가까이에 떨어지고, 밀도가 작은 폐기물은 조금 더 멀리 나아가 떨어지므로 분리할 수 있다.




**참고 자료** 기름 유출 사고

선박이 침몰하면 연료통의 기름이 유출될 수 있으며, 유조선에서도 기름이 유출되는 사고가 일어나기도 한다. 기름은 물보다 밀도가 작기 때문에 유출되면 바닷물 위에 뜨며, 바람이나 조류를 타고 넓게 퍼져 나간다. 그리고 끓는점이 낮은 휘발성 성분들이 증발하고 나면 점성이 높아지므로 갯벌이나 해안가를 오염시켰을 때 제거하기가 더욱 어려워진다. 기름이 유출되어 물 위에 기름막을 형성하면 공기 중의 산소가 물속으로 녹아 들어 가지 못하기 때문에 수중 생물의 생존이 위협을 받게 되고, 기름 성분 자체의 독성 때문에 해양 생물이 해를 입을 수 있다. 따라서 이러한 피해를 줄이기 위해서 기름이 넓게 퍼지기 전에 띠를 두른 후, 물에 퍼진 기름을 회수기로 회수하거나 현장에서 태워 버린다. 그리고 흡착포로 떠내기도 하고, 고형화시켜 떠내거나 약품을 사용하여 물속으로 흩어지도록 하는 방법도 있다.

유조선의 경우에는 배에 구멍이 나면 다른 선박 사고보다 유출되는 기름의 양이 매우 많기 때문에 유출된 기름을 모두 제거하기 매우 어렵다. 따라서 근래의 유조선은 배의 외부에 사고로 구멍이 나더라도 기름이 유출되지 않도록 선체를 이중으로 만든다.

# 2-3 용해도 차를 이용한 분리

## | 학습 내용 안내 |

(1) 물질의 특성 중 용해도 차를 이용하여 혼합물을 분리한다.
(2) 거름으로 혼합물을 분리하는 원리를 알고, 거름 장치를 설치한다.
(3) 추출로 혼합물을 분리하는 원리를 알고, 추출에 이용하는 용매를 구별한다.
(4) 재결정과 분별 결정으로 혼합물을 분리하는 원리를 알고, 용해도 곡선을 이용하여 분리되는 물질의 종류와 질량을 구하도록 한다.
(5) 우리 생활에서 용해도 차를 이용하여 혼합물을 분리하는 예를 제시한다.

## | 학습 전개 |

용해도 차를 이용한 분리에 사용되는 거름의 원리와 방법에 대해 이해하게 한다.

↓

용해도 차를 이용한 추출 과정의 원리를 알고, 우리 생활에서 추출이 이용되는 예를 알게 한다.

↓

재결정과 분별 결정의 원리를 이해하고, 용해도 곡선을 이용하여 설명할 수 있도록 지도한다.

↓

플라스틱 혼합물과 염화 나트륨, 설탕, 질산 칼륨의 혼합물을 각각 분리해 보고, 원리를 설명할 수 있도록 지도한다.

**찾아보기**

- 3일 만에 읽는 화학(2008), 사마키 다케오, 서울 문화사
- 퀴리 부인은 무슨 비누를 썼을까?(2007), 여인권, 한승



# 2-3 용해도 차를 이용한 분리




**학습 목표**

- 용해도 차를 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.
- 우리 생활에서 용해도 차를 이용한 혼합물 분리의 예를 말할 수 있다.

심부름으로 소금을 사 오다가 놀이터에서 잠시 노는 사이에 옆에 놓아둔 소금 봉지를 누가 발로 밟았는지 봉지가 터져서 모래밭에 소금이 쏟아져 있었다.

어떻게 하면 소금과 모래를 분리할 수 있을까?

### 거름

소금과 모래 혼합물은 물에 대한 용해도를 이용하여 분리할 수 있다. 소금은 물에 잘 녹지만 모래는 물에 녹지 않으므로, 소금과 모래에 물을 넣어 소금을 녹인 후 거름 장치로 거르면 소금과 모래를 분리할 수 있다. 이때 거름은 체를 이용하여 크기가 다른 알갱이들을 분리하는 것과 같은 원리로 혼합물을 분리한다.

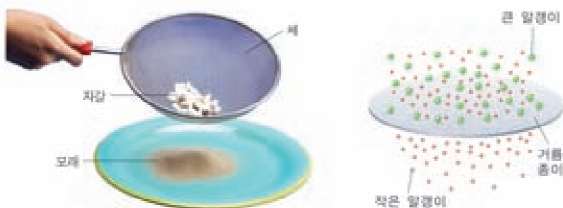



그림 Ⅰ-41 거름의 원리

소금과 모래 혼합물을 물에 넣어 녹인 후 거르면 거름종이 안에 모래가 남고 비커에 소금물이 모인다. 거름종이의 모래는 씻어서 말리고, 비커의 소금물에서 물을 증발시키면 소금을 얻을 수 있다. 이와 같이 **거름**은 액체와 액체에 녹지 않는 고체 혼합물을 분리할 때 사용한다.





## 과학 돋보기

### ❀ 거름

(1) **원리** 성분 물질의 입자 크기 차를 이용하여 혼합물을 분리한다.

(2) **이용** 액체인 용매에 어떤 물질을 넣어 녹일 때 그 용매에 녹지 않은 것이 있는 경우, 즉 불균일 혼합물이 형성되는 대부분의 경우에는 용액이 투명하지 않고 뿌옇게 보인다. 이와 같은 불균일 혼합물은 거름종이를 이용하여 거르면 용매에 녹지 않은 물질은 거름종이 위로 걸러지고, 용매와 그 용매에 녹은 물질은 거름종이를 통과하여 분리된다.

(3) **입자의 크기와 거름** 거름종이가 찢어지지 않았는데도 용매에 녹지 않은 물질이 거름종이를 통과하여 거른 액이 뿌옇게 보이는 경우가 있다. 그 이유는 용매에 녹지 않아도 거름종이에 있는 구멍의 크기보다 작은 입자는 거름종이를 통과할 수 있기 때문이다. 거름종이는 종류에 따라 통과시킬 수 있는 입자의 크기가 조금씩 다르지만 일반적으로 지름 $10^{-7}$ m 이하의 입자는 통과시키고, 그보다 큰 입자는 통과시키지 못한다. 크기가 $10^{-9}$~$10^{-7}$ m의 입자들은 용매에 완전히 녹은 상태가 아니라도 거름종이를 통과할 수 있으므로 거른 액 속에 뿌옇게 남아 있게 된다. 이와 같은 혼합물을 콜로이드라고 부르며, 콜로이드는 반투막과 같이 더 작은 구멍을 가진 막은 통과할 수 없으므로 반투막을 이용한 투석으로 정제할 수 있다.



❶ 거름종이를 4등분으로 접어 원뿔 모양을 만든다.

❷ 거름종이를 깔때기에 넣고 용매를 뿌려 밀착시킨다.

❸ 유리 막대를 이용하여 용액을 깔때기에 부어 거른다.

❹ 그림 Ⅴ-42 거름 과정

**추출**

찻잎이나 커피 원두에 물을 넣으면 물에 녹는 성분만 녹아 나온다. 물에 녹지 않는 성분은 찻잎이나 커피 원두 안에 그대로 남아 거름망이나 커피 거름종이 위에 남는다. 이와 같이 **추출**은 특정 성분을 잘 녹이는 용매를 이용하여 고체나 액체 혼합물에서 특정 성분만 녹아 나오게 하는 것이다.

한약재에서 필요한 성분을 얻을 때에도 추출을 이용한다. 한약재에 물을 넣고 오랜 시간 끓인 후 내용물을 헝겊에 걸러 내면 약 성분을 얻을 수 있다.

추출할 때에는 물을 용매로 많이 사용하지만, 추출하려는 물질에 따라 다른 용매를 사용하기도 한다. 식초에서 아세트산을 추출할 때에는 에테르를 용매로 사용하고, 콩에서 지방을 추출할 때에는 헥세인을 용매로 사용한다.

스스로 해결하기

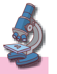
차를 마시거나 한약을 달일 때와 같이 용매를 이용하여 특정 성분만 녹아 나오게 하는 방법을 (　　　)(이)라고 한다.




❹ 그림 Ⅴ-43 추출의 예

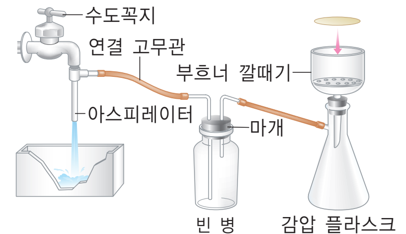
2. 혼합물의 분리 289



## ❀ 감압 거름

수용액을 거를 때 중력만을 이용하여 거르지 않고 감압하여 거르면 좀 더 효과적으로 거를 수 있다. 감압 거름에는 부흐너 깔때기와 감압 플라스크, 아스피레이터가 필요하다. 부흐너 깔때기는 도자기로 되어 있고, 안쪽에 구멍이 여러 개 뚫려 있는 기구이다. 이 안에 크기가 적당하여 구멍을 완전히 덮을 수 있는 거름종이를 넣어 사용한다. 역류 방지용 빈 병을 포함하여 다음 그림과 같이 장치하고, 물을 흘려보내면 감압 플라스크 안쪽의 압력이 낮아져 깔때기로 넣은 용액이 감압 플라스크로 빨려들어 가면서 거름이 진행된다.




## ❀ 추출

(1) **용매의 종류에 따른 추출**　사용하는 용매에 따라 결과는 달라질 수 있다. 예를 들어 보라색 양배추를 물에 넣고 끓여 색소를 추출한 경우와 알코올에 담가 추출한 경우 추출된 색소의 색깔이 조금 다르다.

(2) **용매 추출**　추출은 고체 혼합물보다 액체 혼합물(수용액)에서 원하는 성분을 얻어 내려고 할 때 더 많이 이용하며, 이를 용매 추출이라고 한다.

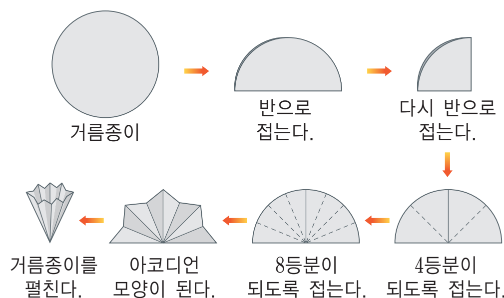
① 용매: 얻으려고 하는 물질 이외의 물질들을 녹이지 않는 용매를 사용한다. 즉, 물과 섞이지 않는 유기 용매를 주로 사용한다.

② 분리 방법: 분별 깔때기에 혼합물 수용액을 넣고 유기 용매를 넣어 흔들어 준 후, 밀도 차에 의한 분별 깔때기법에 따라 두 층을 분리하여 얻는다.




## ❀ 거름종이 접기

수용액을 거를 때에는 거름종이를 4등분하여 접되 모서리가 완전히 일치하지 않도록 고깔 모양으로 만들어 깔때기에 넣어 사용한다. 그리고 거름종이의 윗부분이 깔때기에 잘 밀착되어야 빠르게 잘 거를 수 있다. 거름종이를 깔때기에 잘 밀착시키기 위해서는 4등분하여 접은 거름종이의 세 겹으로 된 부분의 한 귀퉁이를 손으로 조금 찢어 주고, 깔때기 모양에 맞추어 거름종이의 모양을 잡아 주어야 한다. 그리고 거름종이는 깔때기 크기에 맞는 것을 사용하며, 거름종이를 깔때기에 넣고 물을 뿌려 밀착시킨 후 거른다. 이에 비해 유기 용매를 사용하여 거를 때에는 거름종이를 주름이 잡히도록 접으면 거름종이가 깔때기에 잘 들어가면서도 유기 용매에 닿는 표면적이 넓어 빠르게 거를 수 있다. 이때 중심부는 조금 남기고 접어 중심부가 찢어지지 않도록 주의한다.




❹ 주름 거름종이 접는 방법

스스로 해결하기

차를 마시거나 한약을 달일 때와 같이 용매를 이용하여 특정 성분만 녹아 나오게 하는 방법을 ( 추출 )(이)라고 한다.



## 과학 돋보기

### 재결정

(1) **재결정** 재결정은 불순물을 제거하는 과정으로, 얻고자 하는 물질보다 불순물로 들어 있는 다른 물질들이 매우 적을 때 사용한다.

(2) **온도에 따른 용해도 차가 큰 경우의 재결정 과정**

① 혼합물을 용매에 넣고 가열하여 모두 녹인다.

② 녹지 않고 남은 물질은 용액이 가열된 상태에서 거름으로 걸러 낸다.

③ 용액을 천천히 식히면 고체가 석출된다.

④ 불순물은 그 양이 적으므로 온도를 낮추더라도 용매에 여전히 녹아 있을 것이다.

⑤ 용액을 걸러 내어 순수한 고체를 얻는다.

(3) **온도에 따른 용해도 차가 작은 경우의 재결정 과정**

① 용매의 양이 너무 많지 않도록 하여 혼합물을 용매에 넣고 가열하여 녹인다.

② 녹지 않고 남은 물질을 거름으로 걸러 낸다.

③ 용매를 증발시키거나, 기존의 용매와 섞이면서 재결정하려고 하는 고체를 잘 녹이지 못하는 용매를 조금씩 넣고, 온도를 낮추어 결정이 석출되도록 한다.

#### 재결정과 분별 결정

염전에서 갓 만들어 낸 천일염에는 여러 가지 물질이 포함되어 있다. 어떻게 하면 천일염을 정제된 소금으로 만들 수 있을까?

여러 가지 물질이 포함되어 있는 천일염을 물에 녹였다가 식히면 결정이 석출되어 정제된 소금 결정을 얻을 수 있다.



그림 Ⅰ-44 천일염과 정제 소금

이와 같이 불순물이 섞여 있는 고체 물질을 적절한 용매에 녹였다가 온도를 낮추거나 용매를 증발시켜 순수한 고체 결정을 얻는 과정을 **재결정**이라고 한다. 일반적으로 불순물은 소량만 포함되어 있기 때문에 재결정 과정에서 용액 속에 그대로 녹아 있다.

질산 칼륨과 같이 온도에 따른 용해도 차가 큰 물질을 높은 온도에서 완전히 녹인 후 냉각시키면 질산 칼륨이 순수한 결정으로 석출되어 나온다. 불순물은 용액 중에 남아 있으므로 거름 장치로 거르면 순수한 질산 칼륨을 얻을 수 있다.

염화 나트륨은 온도에 따른 용해도 변화가 크지 않지만 포화 용액을 만든 후 용매인 물을 일부 증발시키면 순수한 염화 나트륨 결정을 얻을 수 있다. 그러나 이 경우에는 용액에도 상당량의 염화 나트륨이 남아 있게 된다. 이처럼 재결정은 온도에 따른 용해도 차가 큰 물질에서 더 효과적이다.

불순물이 섞여 있는 고체 물질을 순수하게 얻고자 할 때에는 재결정을 이용한다. 용해도가 다른 두 물질이 섞인 혼합물에서 두 물질을 각각 얻고자 할 때에는 어떻게 할까?

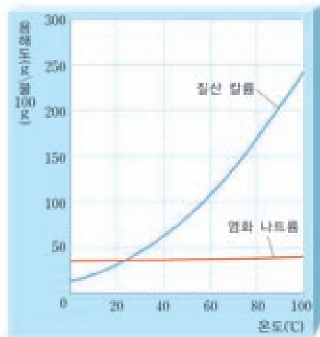



그림 Ⅰ-45 질산 칼륨과 염화 나트륨의 용해도 곡선

290 Ⅰ. 물질의 특성



## 학습 자료실

### 단결정

단결정은 고체가 될 때 입자의 배열이 모두 규칙적이 되도록 만든 것이다. 재결정 방법으로는 단결정을 쉽게 만들 수 없으며, 크기가 작은 단결정들이 생성되거나 작은 단결정들이 불규칙적으로 모이는 형태로 결정이 생성된다. 얻으려고 하는 물질의 작은 결정을 응결핵으로 사용하고, 다른 고체 불순물들이 없어야 깨끗한 결정을 얻을 수 있으며, 결정이 천천히 생성되어야 단결정의 크기를 크게 만들 수 있다. 그러기 위해서는 결정이 생성될 때 충격이 없도록 하는 것이 중요하다.

결정 키우기에 관심이 있다면 주어진 물질로 결정을 키우고, 결정 사진도 제출하여 겨루는 대회에 참여할 수 있다.



**이런 실험도 가능해요!** 얼음사탕 만들기

설탕은 물에 대한 용해도가 매우 크지만 온도에 따른 용해도 차가 큰 편이므로 재결정을 이용하여 사탕을 만들 수 있다. 얼음사탕은 가장 결정이 크고 순도가 높은 설탕 제품으로, 굵은 설탕을 용해시킨 후 1주일 정도 두어 거대한 결정을 만든 것을 말한다.

**|준비물|** 유리병, 설탕, 물, 연필, 나무젓가락, 냄비, 가열 도구

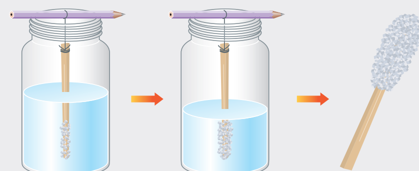
**|과정|**

① 끓는 물 500 mL에 설탕을 물의 4배 정도 넣어 녹인다.

② 설탕이 완전히 녹으면 유리병에 붓는다.

③ 나무젓가락에 설탕을 조금 묻혀서 유리병의 가운데에 세우고, 연필에 매달거나 집게로 고정시킨다.

④ 3일~1주일을 두면 얼음사탕이 만들어진다.



염화 나트륨과 붕산은 둘 다 물에 잘 녹는다. 그러나 염화 나트륨은 물의 온도가 변해도 녹는 양에 큰 변화가 없지만, 붕산은 물의 온도에 따라 녹는 양이 크게 변한다. 같은 질량의 염화 나트륨과 붕산이 섞여 있는 혼합물에서 붕산을 분리하려면 이 혼합물을 겨우 녹일 수 있을 만큼의 뜨거운 물을 넣어 녹인 후 용액을 식힌다. 이때 염화 나트륨은 용해도 차가 거의 없어 그대로 녹아 있지만 붕산은 용해도가 많이 감소하므로 결정이 생성된다.

**붕산** 소금과 같이 흰색의 결정을 갖는 고체 물질로, 주로 소독약과 살충제의 성분으로 사용된다.

예를 들어 염화 나트륨과 붕산이 각각 20 g씩 섞여 있는 혼합물에 80 °C의 물 100 g을 넣어 녹인 후, 이 용액을 20 °C까지 냉각시키면 붕산만 15 g이 석출된다. 이때 거름 장치를 이용해 거르면 거름종이 안에 붕산 15 g이 남고, 비커에는 염화 나트륨 20 g과 붕산 5 g이 녹아 있는 용액이 모인다.

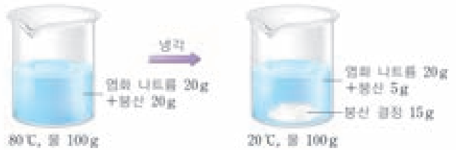


그림 Ⅰ-46 염화 나트륨과 붕산의 혼합물에서 붕산 결정 석출

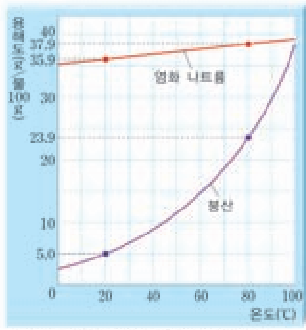


그림 Ⅰ-47 염화 나트륨과 붕산의 용해도 곡선

이와 같이 온도에 따른 용해도의 변화가 큰 물질과 작은 물질이 섞여 있을 때 용해도 차이를 이용하여 각 성분 물질을 분리하는 방법을 **분별 결정**이라고 한다.

**잠깐 체크** 불순물이 섞인 소금을 순수한 소금으로 만들 때 이용하는 방법은 무엇인가?

**과학 자료실** 혈액 투석의 원리

콩팥은 우리 몸의 노폐물을 걸러 내어 오줌으로 배설하는 역할을 한다. 그러나 콩팥이 건강하지 못한 사람들은 혈액 투석을 하여 노폐물을 제거한다. 혈액 투석은 거름종이에 있는 구멍보다 더 작은 구멍을 가진 반투막을 이용하여 거름과 같이 입자의 크기 차를 이용하여 물질을 분리한다.

혈액 투석 과정에서 혈액 투석 장치의 관을 통해 혈액을 몸 밖으로 빼내어 반투막이 있는 투석 장치를 통과시키면, 배설되어야 하는 작은 노폐물만 반투막을 통해 빠져나온다. 투석 과정에서 노폐물을 제거한 혈액은 다시 관을 통해 몸으로 되돌려준다.

혈액 투석 장치

2. 혼합물의 분리 291



## 분별 결정

(1) **분별 결정** 온도에 따른 용해도 차가 큰 고체와 용해도 차가 작은 고체 혼합물을 높은 온도의 용매에 녹인 후 냉각하여 고체가 석출되면 거름종이로 걸러서 분리하는 방법이다.

(2) **분별 결정의 특징**

① 기본적인 원리는 재결정과 같으나 고체 혼합물의 용해도 차를 이용하여 분리한다는 의미가 더 강하다.

② 한 물질은 온도에 따른 용해도 차가 크고, 다른 물질은 온도에 따른 용해도 차가 작은 혼합물의 경우에 의미있게 분리할 수 있다.

③ 재결정이나 분별 결정은 모두 얻으려고 하는 물질의 일부는 용액 중에 남아 있으므로 원하는 물질을 100 %로 얻을 수 없다.

**잠깐 체크**

불순물이 섞인 고체 물질에서 순수한 고체 결정을 얻는 재결정을 이용한다.



## 혈액 투석

혈액 투석은 환자의 혈액을 혈액 투석 장치에 통과시켜 혈액 속의 노폐물과 수분을 걸러 낸 후, 이 혈액을 환자의 혈관에 다시 넣어 주는 방법이다. 즉, 혈액 투석은 콩팥에서 배설하거나 조절하지 못하는 수분 및 전해질과 질소 계통의 노폐물 같은 작은 입자들을 제거하는 과정이다.

혈액 투석 장치는 얇은 판이나 관으로 이루어져 있는데, 그 판이나 관은 작은 구멍이 많이 있는 반투막으로 되어 있다. 이러한 반투막은 막에 있는 구멍보다 큰 입자는 통과시키지 못하고, 구멍보다 작은 입자는 통과시킨다.

혈액에는 단백질 등 고분자가 많이 들어 있는데, 이러한 고분자들은 반투막의 구멍을 통과하지 못한다. 따라서 혈액을 투석 장치에 통과시키면 배설해야 하는 크기가 작은 물질들만 반투막을 통해 빠져나가게 된다.

**참고 자료** 용매에 따른 용해도

물질의 용해도는 온도에 따라 달라지지만 용매에 따라서도 달라진다. 예를 들어 염화 나트륨은 물 100 g에 약 36 g이 녹을 수 있지만 메탄올에는 약 1.5 g만 녹을 수 있다. 이와 같은 성질을 이용하여 재결정 또는 분별 결정을 할 때 온도뿐 아니라 용매를 적절히 변화시키면 혼합물을 좀 더 효과적으로 정제하거나 분리할 수 있다.

용매 조성의 변화에 따라 용해도가 달라지는 현상을 포도주에서 볼 수 있다. 포도에는 포도당을 비롯한 여러 종류의 당분뿐만 아니라 색소나 이온들도 많이 포함되어 있다. 포도의 신맛을 내는 타타르산은 이온들에 의해 포도주를 제조하는 동안 타타르산수소 칼륨과 같은 염의 형태가 되기 쉽다. 이 염은 물에는 잘 녹지만 에탄올에는 잘 녹지 않는 물질이다. 따라서 이러한 염은 포도 원액이 포도주로 발효되는 동안 용액 중의 에탄올의 농도가 증가함에 따라 용해도가 감소하여 결정으로 석출될 수 있다.


포도주

## 탐구 활동 실험

**| 목표 |**

물질의 특성(밀도 차, 용해도 차)을 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.

### 가. 밀도 차를 이용한 혼합물의 분리

**| 원리 설명 |**

1 플라스틱은 종류에 따라 밀도가 다른데, 일반적으로 밀도가 작지만 모두 물보다 밀도가 작지는 않다. 이와 같은 플라스틱의 밀도 차를 이용하여 플라스틱 혼합물을 쉽게 분리한다.

2 밀도가 작은 것은 뜨고, 밀도가 큰 것은 가라앉는다.

**| 유의점 |**

1 폴리스타이렌은 밀도가 물보다 아주 조금 크기 때문에 물에 불순물이 조금만 들어 있어도 잘 뜬다. 따라서 물에 불순물이 들어가지 않도록 주의한다.

2 플라스틱 표면에 기포가 묻으면 떠오를 수 있고, 표면 장력에 의해서도 떠오를 수 있으므로 주의한다.

3 물은 증류수를 사용하는 것이 좋으며, 깨끗한 상태를 유지하도록 한다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

1 플라스틱 재료는 주변의 물건들을 이용하면 좋다. 그리고 여러 가지를 구하기 어렵다면 세 가지 정도만 이용하여 실험하도록 한다.

2 플라스틱 조각의 크기가 크면 이와 같은 실험 방법보다 손으로 골라내는 것이 더 편리할 수도 있으므로, 플라스틱을 잘게 잘라 놓거나 펀치로 같은 크기를 만들어 놓는 것도 좋다.

3 사용한 후 소금물이 묻었던 플라스틱들은 깨끗한 물로 잘 씻어서 다음 학급 실험에 다시 사용하도록 한다.

4 페트는 밀도가 커서(1.4 g/mL) 물에 소금을 많이 넣어도 쉽게 떠오르지 않는다.

탐구 활동 물질의 특성을 이용한 혼합물의 분리

목표

물질의 특성을 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.

준비물

펀치로 뚫은 여러 가지 플라스틱(폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 폴리스타이렌, 페트), 소금, 증류수, 숟가락, 비커, 페트리 접시, 약숟가락

유의점

1. 플라스틱은 비슷한 크기의 조각들로 만들어 사용한다.
2. 플라스틱 표면에 기포가 묻어 떠오를 수 있으므로 주의한다.

가. 밀도 차를 이용한 혼합물의 분리

과정

플라스틱의 종류에 따라 밀도가 다른 점을 이용하여 플라스틱 혼합물을 분리해 본다.

플라스틱 혼합물

| 플라스틱의 종류 | 폴리프로필렌 (PP) | 저밀도 폴리에틸렌 (LDPE) | 폴리스타이렌 (PS) | 페트 (PET) |
|---|---|---|---|---|
| 밀도(g/mL) | 0.86 | 0.93 ~ 0.97 | 1.05 | 1.4 |
| 용도 | 플라스틱 용기 뚜껑 | 튜브형 화장품 용기 | 일회용 포장 용기 | 음료수 병 |

❶ 증류수가 담긴 비커에 같은 크기의 플라스틱 혼합물을 넣는다.
❷ 물 위에 뜨는 플라스틱 조각을 숟가락으로 떠낸다.
❸ 비커에 소금을 조금씩 넣어 가며 떠오르는 플라스틱 조각이 있으면 과정 ❷와 같이 떠낸다.
❹ 바닥에 가라앉은 플라스틱을 모두 건져내고, 깨끗한 물로 씻은 후 건조시킨다.



결과

1 각 단계에서 얻은 플라스틱의 종류를 구분하여 표에 써 보자.

| 물 위에 뜬 것 | 소금물에 뜬 것 | 가라앉아 있는 것 |
|---|---|---|
| | | |

2 여전히 혼합물 상태로 남아 있는 플라스틱의 종류는 무엇인가?

해석

1 결과 1과 같이 나온 이유를 설명해 보자.

2 혼합물로 얻은 플라스틱을 더 분리할 수 있는 방법을 생각해 보자.

292 Ⅰ. 물질의 특성

**| 결과 |**

1

| 물 위에 뜬 것 | 소금물에 뜬 것 | 가라앉아 있는 것 |
|---|---|---|
| 폴리프로필렌, 폴리에틸렌 | 폴리스타이렌 | 페트 |

2 폴리프로필렌과 폴리에틸렌은 물 위에 뜨므로 여전히 섞여 있다.

**| 해석 |**

1 물의 밀도는 1.0 g/mL이며 물보다 밀도가 크면 물에 가라앉고, 물보다 밀도가 작으면 물 위에 뜬다. 폴리프로필렌과 폴리에틸렌은 물보다 밀도가 작기 때문에 물 위에 뜨고, 폴리스타이렌과 페트는 물보다 밀도가 크기 때문에 물에 가라앉는다. 이때 폴리프로필렌과 폴리에틸렌을 건져 낸 다음, 물에 소금을 조금 넣으면 소금물의 밀도는 물보다 커진다. 따라서 밀도가 1.05 g/mL인 폴리스타이렌이 소금물에 뜨고, 페트는 소금물에 가라앉아 있다.

2 물 위에 뜬 폴리프로필렌과 폴리에틸렌을 분리하기 위해서는 물보다 밀도가 작은 액체(또는 용액)가 필요하다. 예를 들어 물과 잘 섞이고 물보다 밀도가 작은 에탄올(밀도: 0.79 g/mL)을 물과 혼합하면 물보다 밀도가 작은 두 가지 플라스틱을 분리할 수 있다.

실험

**준·비·물**

염화 나트륨, 설탕, 질산 칼륨, 비커(2개), 눈금 실린더, 물, 유리 막대, 가열 도구, 거름 장치, 전자저울, 온도계, 장갑

**유·의·점**

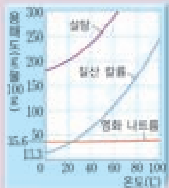
뜨거운 물을 사용할 때에는 화상을 입지 않도록 주의한다.

### 나. 용해도 차를 이용한 혼합물의 분리

**과정**

❶ 비커에 염화 나트륨 1 g, 설탕 1 g, 질산 칼륨 25 g을 혼합한다.
❷ 혼합물에 50℃ 이상의 뜨거운 물 50 mL를 넣어 혼합물을 모두 녹인다.
❸ 혼합물을 녹인 비커를 찬물이 담긴 큰 비커에 넣고 식힌다.
❹ 결정이 충분히 석출된 후 거름 장치를 이용하여 석출된 결정을 거른다.





❍ 용해도 곡선

**결과**

거름종이에 걸러진 고체와 용액 중에 남아 있는 물질은 무엇인가?

**해석** 창의 · 인성

1 물질을 다른 불순물로부터 분리하는 이와 같은 방법을 무엇이라고 하는가?

2 불순물 없이 물질을 최대한 회수하려면 어떻게 하면 좋을지 토의해 보자.

이와 같이 겉보기에 비슷한 플라스틱들도 밀도가 각각 다르므로 밀도 차를 이용하여 분리할 수 있고, 불순물이 섞여 있는 고체 혼합물은 용해도 차를 이용한 방법을 통해 순물질로 얻어낼 수 있다.

**자기 주도 학습**

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
| --- | --- | --- |
| 용해도 차를 이용하여 혼합물을 각각의 물질로 분리하는 방법을 무엇이라고 하는가? | 멸치를 물에 넣고 끓여 멸치 국물을 만들었다. 혼합물의 분리 방법 중 어떤 방법을 사용한 것인가? | 휴대 전화에는 금, 은 등의 귀금속과 각종 금속 자원이 포함되어 있다. 폐휴대 전화에 포함된 자원을 회수하는 과정에 대해 조사해 보자. |

2. 혼합물의 분리 293

### 나. 용해도 차를 이용한 혼합물의 분리

**| 원리 설명 |**

1 용해도는 온도에 따라 달라진다.

2 고체 혼합물을 뜨거운 물에 녹인 후 식힐 경우 적은 양이 용해되어 있는 불순물은 용액 중에 남으며, 온도에 따른 용해도 차가 큰 물질은 조건을 변화시키면 석출되어 얻을 수 있다.

**| 유의점 |**

1 뜨거운 물을 사용할 때에는 화상을 입지 않도록 면장갑을 이용한다.

2 물질이 빨리 녹지 않는 것을 오해하여 물을 많이 사용하면 질산 칼륨을 석출하기 어려울 수 있다. 따라서 물은 정해진 양 이상 사용하지 않도록 한다.

**| 결과 |**

거름종이에 걸러진 고체는 질산 칼륨이고, 용액 중에 남아 있는 물질은 염화 나트륨과 설탕이다.

**| 해석 | 창의 · 인성**

1 재결정이라고 한다. 재결정과 분별 결정은 큰 차이가 없다. 얻으려는 물질 이외의 물질의 양이 불순물 정도의 소량인 경우는 재결정이라고 할 수 있고, 각 성분 물질의 양이 많은 경우는 분별 결정이라고 할 수 있다.

2 고체를 석출시키는 온도를 가능한 낮게 하고, 석출된 고체 결정도 가능한 낮은 온도의 물로 씻어 준다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

1 뜨거운 물(70~80℃)을 식지 않게 빨리 제공할 수 있으면 가열 도구를 사용하는 것보다 편리하다.

2 설탕은 물에 대한 용해도가 매우 크고, 염화 나트륨은 비교적 큰 편이나 온도에 따른 용해도 차가 작기 때문에 이 실험에서 사용하는 양은 석출되지 않고 모두 용액에 녹아 있다는 것을 학생들에게 인식시킨다.

**자·기·주·도·학·습**

▶ 개념 확인하기

분별 결정

▶ 생활 속 문제 해결하기

멸치를 물에 넣고 끓여 물에 녹는 성분만 얻은 것이므로 용해도 차를 이용한 추출을 사용한 것이다.

▶ 과학과 기술, 사회 연관 짓기

폐휴대 전화 한 대에는 평균 금 0.0034 g, 은 0.2 g, 코발트 6 g 등이 함유되어 있어서 금전상의 가치는 한 대당 2,500원 정도인데, 처리 비용을 제외하면 약 1,000원의 수익금이 생긴다고 한다. 폐휴대 전화에 포함된 자원을 회수하기 위해서는 먼저 폐휴대 전화를 수거한 후 재활용 센터로 보낸다. 재활용 센터에서는 폐휴대 전화의 각 부품들을 기판, 액정, 전선, 플라스틱 등으로 분해하고 선별한다. 그리고 기판은 파쇄한 후 용해, 추출 등 여러 단계를 거쳐서 금속을 종류별로 회수한다.

# 2-4 크로마토그래피

## | 학습 내용 안내 |

(1) 크로마토그래피의 기본 원리를 설명하도록 한다.
(2) 크로마토그래피의 장점과 단점을 설명하도록 한다.
(3) 간단한 크로마토그래피를 이용하여 혼합물을 분리한다.
(4) 크로마토그래프를 이용하여 혼합물을 분리하는 예를 생활 속에서 찾아 그 원리를 설명한다.

## | 학습 전개 |

종이 크로마토그래피로 수성 사인펜 색소를 분리해 본다.



크로마토그래피의 원리를 모형을 이용하여 설명할 수 있게 한다.



크로마토그래피의 장점과 단점, 이용되는 예를 알게 한다.



혼합물의 분리에 대한 종합적인 이해를 바탕으로 실생활 속에서 혼합물을 분리하는 예를 찾아보고, 그 분리 방법의 과학적 원리를 설명할 수 있도록 지도한다.

### 찾아보기

- 사이언스올
  http://www.scienceall.com
- 집에서 해 볼 수 있는 실험
  (Home Experiments on SciFun.org)
  http://scifun.chem.wisc.edu/HOMEEXPTS/HOMEEXPTS.HTML

# 2-4 크로마토그래피

**학습 목표**
- 크로마토그래피의 기본 원리와 장단점을 설명할 수 있다.
- 간단한 크로마토그래피로 혼합물을 분리할 수 있다.

운동 경기가 끝나면 메달을 딴 선수들을 비롯해 임의로 지정된 선수들은 도핑 테스트를 받는다. 도핑 테스트는 선수가 운동 경기에서 약물의 도움을 받아 운동 능력을 향상시키기 위해 주사를 맞거나 약물을 복용했는지의 여부를 확인하는 과정이다.

도핑 테스트에서 선수들의 소변을 채취하여 크로마토그래피법으로 분석하면 금지 약물 복용 여부를 알 수 있다고 한다. 크로마토그래피법은 무엇이며, 어떻게 선수들의 약물 복용 여부를 알 수 있을까?

**크로마토그래피** 그리스 어의 크로마(chroma: 색깔)와 그라페인(graphein: 기록하다)의 복합어로, 색깔로 기록한다는 뜻이다.



거름종이에 수성 사인펜으로 그림을 그리고 물을 떨어뜨리면 물과 함께 수성 사인펜의 색소가 번져 나간다. 이때 한 가지 색으로만 보이던 색이 여러 가지 색으로 나누어져 보인다. 이러한 원리로 물질을 분리하는 방법을 **크로마토그래피**라고 한다. 크로마토그래피로 수성 사인펜의 색소를 분리해 보자.

**해 보기** 수성 사인펜의 색소 분리 (실험)

**|준비물|**
거름종이, 수성 사인펜, 비커, 물, 수수깡, 연필, 자, 셀로판테이프, 랩

**|과정|**



❶ 적당한 크기의 거름종이를 준비하고 밑에서 1 cm 정도 되는 곳에 수성 사인펜을 이용하여 세 점을 찍는다.
❷ 셀로판테이프를 이용하여 거름종이를 수수깡에 고정시킨다.
❸ 비커에 물을 붓고 거름종이를 0.5 cm 정도 잠기게 한 다음, 비커를 랩으로 씌운다.
❹ 색깔이 충분히 이동한 후에 거름종이를 꺼내어 말린다.

**|결과|**
수성 사인펜은 어떤 색소들로 이루어져 있으며, 가장 많이 이동한 색은 무엇인가?

294 Ⅴ. 물질의 특성

**해 보기** (실험)

**|결과|**

| 수성 사인펜의 색 | 갈색 | 분리된 색소 | 파란색, 노란색, 진분홍색 |
|---|---|---|---|

파란색, 노란색, 진분홍색의 순서로 많이 이동하였다. 그러나 수성 사인펜의 제조사에 따라 색소 성분이 다를 수 있으며, 분리가 잘되지 않으면 각 색깔이 명확하게 보이지 않을 수 있다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

종이 크로마토그래피를 이용할 때의 유의점은 다음과 같다.
① 거름종이에 수성 사인펜으로 찍은 점이 비커의 용매에 잠기지 않도록 장치한다.
② 거름종이에 점을 너무 크게 찍으면 분리되는 것을 관찰하기 어렵다.
③ 거름종이의 옆 모서리가 비커 안쪽 벽면에 닿지 않도록 장치한다.
④ 비커 입구를 랩으로 밀폐시켜 용매의 증발을 막아야 좋은 결과를 얻을 수 있다.
⑤ 수성 사인펜의 색이 어두울수록 여러 가지 색소를 관찰할 수 있다.

크로마토그래피는 용매가 거름종이와 같은 지지대 위를 이동할 때 혼합물의 각 성분 물질들이 용매를 따라 이동하는 속도 차를 이용하여 혼합물을 분리하는 방법이다.

거름종이의 아랫부분에 혼합물 용액의 점을 찍은 후 용매에 담그면, 용매가 위로 올라감에 따라 혼합물의 각 성분도 용매를 따라 올라간다.

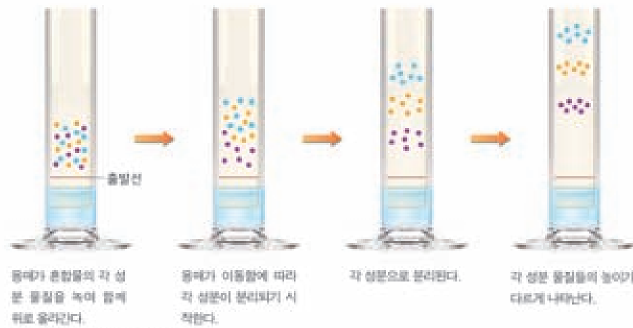



그림 Ⅰ-48 크로마토그래피의 원리

그림에서 혼합물에 포함된 성분 중 파란색이 많이 이동한 것으로 보아 파란색의 성분은 거름종이에 붙어 있으려는 성질보다 용매를 따라 이동하려는 성질이 크다는 것을 알 수 있다. 이에 비해 보라색과 노란색 성분은 파란색 성분보다 용매를 따라 이동하려는 성질이 작다는 것을 알 수 있다.

크로마토그래피는 성질이 비슷하여 다른 방법으로 쉽게 분리할 수 없는 물질들도 비교적 쉽게 분리할 수 있으며, 양이 적은 경우에도 분리할 수 있다. 또한 짧은 시간에 성분 물질의 수, 종류, 양까지 알아낼 수도 있어서 다른 분리 방법보다 강력하면서도 다양한 방법으로 응용하여 사용할 수 있다.

크로마토그래피는 매우 많은 분야에서 사용된다. 연구실에서 물질의 성분과 양을 알아내는 데 사용하며, 운동선수들의 도핑 테스트나 소변 검사, 혈액 검사, 마약 검사에도 이용된다. 이 밖에 단백질 성분을 검출하거나 식품에 남아 있는 농약이나 중금속을 검사할 때, 식물의 엽록소를 분리할 때에도 크로마토그래피를 이용한다.

**과학과 사회**
크로마토그래피는 운동 경기 및 범죄 수사에 응용된다. 이와 같이 과학은 올바른 공정 사회를 이루는 데 중요하다.

**스스로 해결하기**
크로마토그래피로 혼합물을 분리할 때 많이 이동한 성분일수록 용매를 따라 이동하는 성질이 (       ) 것이다.

**잠깐 체크** 크로마토그래피로 혼합물을 분리하는 방법의 장점은 무엇인가?

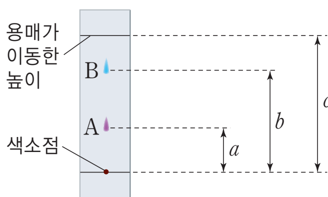
2. 혼합물의 분리 295



### ❀ 전개율($R_f$)과 분리

크로마토그래피에서 성분 물질이 이동하는 정도는 각 성분의 종류나 전개 용매에 따라 달라질 수 있다. 이때 성분 물질이 용매를 따라 이동한 정도를 용매가 이동한 거리와 비교하여 나타낸 것을 전개율($R_f$)이라고 한다. 전개율은 출발선(색소점)으로부터 용매선(용매가 이동한 위치)까지의 거리에 대한 성분 물질의 이동 거리의 비로 나타낸다. 따라서 전개율이 같으면 동일한 성분 물질이므로, 전개율을 통해 성분 물질의 종류를 알 수 있다.

$$\text{전개율}(R_f) = \frac{\text{성분 물질이 이동한 거리}}{\text{용매가 이동한 거리}}$$




- 물질 A의 전개율 $R_f = \frac{a}{c}$
- 물질 B의 전개율 $R_f = \frac{b}{c}$

❷ 크로마토그래피 결과와 성분 물질의 전개율

## 과학 돋보기



### ❀ 크로마토그래피

(1) **크로마토그래피의 역사** 크로마토그래피는 1906년 러시아의 식물학자인 미하일 츠베트가 식물 색소를 분리하기 위해 처음 고안하였다고 한다. 츠베트는 유리관에 탄산 칼슘 성분의 가루를 넣고 석유 에테르를 용매로 하여 식물 색소를 분리하였으나, 이 실험은 러시아 어로만 발표되어 오랫동안 잘 알려지지 않았다. 20세기 중반 이후 크로마토그래피는 혼합물을 분리하여 분석하는 데 매우 강력한 도구가 되었다.

(2) **크로마토그래피의 원리** 크로마토그래피에서는 정지해 있는 상(정지상)과 이동하고 있는 상(이동상)의 두 가지의 상이 있는데, 두 가지의 상 사이에서 분배되는 정도가 다른 점을 이용하여 혼합물을 분리한다. 이와 같은 원리는 용해도 차를 이용한 분리 중 용매 추출과 기본적으로 같은 원리이다. 즉, 정지상에 의해 강하게 붙잡혀 있는 성분일수록 정지상에 큰 비율로 존재하고, 약하게 붙잡혀 있는 성분일수록 이동상에 존재하는 비율이 커서 빠르게 이동하여 분리된다.

(3) **크로마토그래피의 종류** 이동상과 정지상에 따른 분류로는 액체-고체 크로마토그래피, 액체-액체 크로마토그래피, 기체-고체 크로마토그래피, 기체-액체 크로마토그래피 등이 있고, 분리 과정이나 정지상의 종류 등에 따른 분류로는 분배 크로마토그래피와 흡착 크로마토그래피 등이 있다.

**스스로 해결하기**
크로마토그래피로 혼합물을 분리할 때 많이 이동한 성분일수록 용매를 따라 이동하는 성질이 ( 큰 ) 것이다.

**잠깐 체크**
성질이 비슷한 물질들의 혼합물을 쉽게 분리할 수 있고, 양이 적은 경우에도 분리할 수 있다. 그리고 분리 시간이 짧다.

## 탐구 활동 조사

**| 목표 |**

생활 속에서 혼합물을 분리하는 예를 찾을 수 있고, 그 예에 적용되는 과학적 원리를 설명할 수 있다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

1 학생들이 신문이나 잡지를 가져오도록 하거나 교사가 적절한 예가 포함되어 있는 자료들을 직접 준비할 수 있다.
2 시간 운영에 주의하여 발표할 시간을 확보하는 것이 좋다.

**| 결과 | 창의 · 인성**

• 예시 1
① 분리의 예(출처): 물의 날과 관련된 흙탕물 정수 방법 시연(신문 기사)
② 분리 과정 또는 방법: 거름 – 흙탕물을 헝겊으로 거르고 정수 알약으로 소독한다.
③ 이용한 물질의 특성: 입자의 크기 차

• 예시 2
① 분리의 예(출처): 등짐에서 소금 제거하기 (동화: 당나귀와 소금 장수)
② 분리 과정 또는 방법: 소금 자루에서 소금만 물에 녹아 나오게 한다.
③ 이용한 물질의 특성: 용해도 차

### 탐구 활동 | 우리 주변의 혼합물 분리의 예 | 조사

**목표**
주변에서 혼합물을 분리하는 예를 찾고, 그와 관련된 원리가 무엇인지 설명할 수 있다.

**준비물**
인터넷이 가능한 개인용컴퓨터, 신문, 잡지, 필기도구 등

**과정**
❶ 4~5명을 한 모둠으로 나누어 신문, 잡지, 인터넷 자료 등을 이용해 우리 주변에서 혼합물을 분리하는 예를 조사한다.
❷ 조사한 자료에서 사용한 혼합물의 분리 방법은 무엇이며, 어떤 물질의 특성을 이용하였는지 기록한다.
❸ 각 모둠의 결과를 발표하고, 다른 모둠의 결과와 비교해 본다.

**결과** 창의 · 인성

| 분리의 예(출처) | 분리 과정 또는 방법 | 이용한 물질의 특성 |
|---|---|---|
| 예 선박에서 바다로 유출된 기름의 제거 (○○ 신문, ○○ 월 ○○ 일) | 1. 물 위에 뜬 기름을 흡착포를 이용하여 제거<br>2. 기름을 포함한 물을 흡입하여 원심 분리 | 물질의 밀도 차이 |

깨끗한 수돗물을 얻기 위해서 다양한 과정을 거치는 것과 같이 우리 주변의 물질들은 대부분 우리가 얻고자 하는 대로 존재하기보다는 불필요한 물질이 섞여 있는 경우가 많다. 따라서 여러 가지 물질의 특성을 이용하여 혼합물을 분리해냄으로써 필요한 물질을 얻는다.

**자기 주도 학습**

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술, 사회 연관 짓기 |
|---|---|---|
| 각 성분이 표면에서 이동하는 정도의 차를 이용하여 혼합물을 분리하는 방법을 무엇이라고 하는가? | 두부를 만드는 과정에서 사용되는 분리 방법을 조사해 보자. | 크로마토그래피는 현재 많이 사용하는 분석 방법이다. 크로마토그래피의 종류와 용도에 대해 조사해 보자. |

296 Ⅴ. 물질의 특성

### 자 · 기 · 주 · 도 · 학 · 습

▶ **개념 확인하기**
크로마토그래피

▶ **생활 속 문제 해결하기**
① 불린 콩을 맷돌이나 믹서에 간다.
② 갈아 놓은 콩 물에 물을 붓고 끓인다. 이 과정에서 두부가 될 성분들이 물에 녹아 나오는 추출 과정이 일어난다.
③ 끓인 콩 물을 헝겊을 이용하여 거르는 과정을 통해 비지와 콩 물을 분리한다. 이때 거름 과정이 이용된다.
④ 거른 콩 물에 간수를 넣고 약한 불로 끓이면서 저어 준다. 이때 콩에서 나온 단백질이 간수에 의해 굳어지면서 하얀 덩어리(두부)가 생기기 시작한다.
⑤ 두부 틀에 헝겊을 깔고 덩어리가 생긴 콩 물을 붓는다. 이때 헝겊 밖으로 물이 빠지고 헝겊에는 두부가 만들어진다.

▶ **과학과 기술, 사회 연관 짓기**
① 종이 크로마토그래피: 종이를 지지대로 한 크로마토그래피 방법으로, 식물의 색소 분리에 이용한다.
② 관 크로마토그래피: 실리카 젤과 같은 고체 고정상에 시료와 용매를 흘러내리게 하는 방법으로, 실험실에서 합성한 물질을 분리할 때 이용한다.
③ 젤 침투 크로마토그래피: 관에 젤 형태의 물질을 넣어 고분자를 크기에 따라 분리하는 데 이용한다.
④ 기체 크로마토그래피: 분석하려는 물질을 고온에서 기체로 만들어 가는 관을 통해 분리하는 방법으로, 실제 실험실에서 연구나 물질을 분석할 때 많이 이용된다.
⑤ 액체 크로마토그래피: 이동하는 용매로 액체를 사용하는 방법으로, 기체로 만들기 어려운 물질의 분석에 많이 이용된다.

창의·인성 활동

보충·심화

## 흡착

숯은 오래전부터 연료로 사용되기도 하였지만 냄새와 독을 제거할 때에도 사용해 왔다. 숯은 탄소로 이루어진 물질로서, 작은 구멍이 많이 있어 표면적이 매우 넓다. 숯처럼 표면적이 넓은 물질은 표면에 다른 물질이 잘 달라붙는 성질이 있는데, 이와 같이 표면에 다른 물질이 달라붙는 것을 흡착이라고 한다.

옛날에는 숯이 이물질을 흡착하는 성질을 이용하여 깨끗한 숯을 우물 바닥에 넣어 우물물을 깨끗하게 하였다. 또한 전통적으로 간장을 만들 때 숯을 이용하여 불순물을 제거하기도 하였다. 요즘에는 숯의 흡착력을 이용하여 탈취제로도 많이 사용한다.



❶ 숯 표면 확대 ❷ 탈취제로 사용하는 숯 ❸ 간장독 안의 숯

탄소 가루인 활성탄도 흡착이 일어나는 대표적인 물질인데, 흡착력을 이용하면 물질을 분리할 수 있다.

콜라에 활성탄을 넣어 잠시 두었다가 거르는 과정을 3회 정도 반복하면 콜라의 색소가 활성탄에 흡착되어 색깔이 없어지는 것을 볼 수 있다.




❹ 콜라의 흡착 과정

토의하기 생활 속에서 흡착을 이용하는 예를 찾아보자.

2. 혼합물의 분리 297

### ❀ 흡착

흡착은 물질의 표면과 관계가 있으므로 표면을 연구하는 과학자들에게는 매우 중요한 성질이다. 나노 과학에서 다루는 물질들도 표면적이 넓으므로 나노 과학이나 나노 기술과 같은 첨단 과학 분야에서도 흡착과 관련된 연구를 많이 하고 있다.

### ❀ 활성탄

구성 물질의 대부분이 탄소인 물질로, 흡착성이 강하다. 목재나 갈탄 등을 염화 아연 등의 약품으로 처리하여 건조시켜 만드는데, 일반적으로 가루 상태로 만들어진다. 활성탄은 흡착제로 사용되어 기체나 습기를 흡수하거나 탈색제로 사용된다.

**토의하기**

생활 속에서 흡착을 이용하는 예는 다음과 같다.

① 실리카 젤은 물을 흡착하는 성질이 있어 건조제로 사용된다. 포장된 조미 김 등에서 볼 수 있다.
② 자동차에서 배출되는 이산화 질소와 같은 물질은 자동차에 있는 촉매 변환기 내의 금속에 흡착된 후 질소와 산소로 분해된다.
③ 정수기에 있는 필터는 물에 포함된 불순물을 흡착하여 제거한다.

**참고 자료** 물의 정수 방법

물의 정수 과정은 물에 포함된 불순물을 제거하는 혼합물의 분리 과정이다. 물은 자연적으로 정수되기도 하지만 다음과 같이 인공적인 방법을 이용하여 정수한다.

(1) **앙금 만들기** 물속에 녹아 있는 이온을 앙금으로 만들어 분리하는 것이다. 예를 들어 칼슘 이온이 많이 녹아 있는 경우에는 인산 이온이나 탄산 이온을 넣어 물에 잘 녹지 않는 인산 칼슘이나 탄산 칼슘으로 만들어 제거할 수 있다.

(2) **부유물 제거** 수산화 이온과 알루미늄 이온을 물에 넣을 때(석회수와 황산 알루미늄을 이용할 수 있다.) 생성되는 수산화 알루미늄은 끈적끈적한 젤라틴 같은 형태가 된다. 이것이 물에 떠다니는 부유물들을 끌어당겨 앙금이 된다.

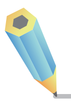
(3) **소독** 수돗물처럼 마시기 위한 물은 세균을 제거해야 하므로 소독 과정을 거치는데, 이때 염소와 오존을 사용한다.

(4) **이온 교환** 각종 정수기에는 이온들을 제거하기 위해 이온 교환 수지가 들어 있는 필터를 사용한다. 따라서 일정한 시간이 지나면 이온 흡착 능력이 떨어지므로 필터를 갈아 주어야 한다.

(5) **유기물 흡착** 유기 물질을 걸러 내기 위해 일반적으로 필터 앞에 숯 성분인 카본 필터를 놓는다.

(6) **증류법** 소금물의 경우(바닷물의 정수 과정)에는 위의 방법만으로는 염류들을 충분히 제거하기 어려운데, 이때 사용하는 방법이 증류법과 역삼투법이다. 증류법은 일조량이 많은 지역에서 태양열을 이용하여 시행한다.

(7) **역삼투법** 반투막을 사이에 두고 용질(오염물)이 없는 쪽의 용매(물)가 용질이 있는 쪽으로 이동하는 삼투 현상을 거꾸로 이용한 것으로, 용질이 있는 쪽에 고압을 가해 물이 용질(오염물)이 없는 쪽으로 이동하도록 한 것이다.



# 대단원 마무리

## Ⅴ. 물질의 특성

### 개념 정리하기

[가로 열쇠 정답]

❶ 균일 혼합물, ❸ 순물질, ❺ 녹는점, ❼ 추출, ❾ 분별 깔때기, ⓫ 용해도, ⓭ 재결정, ⓯ 농도

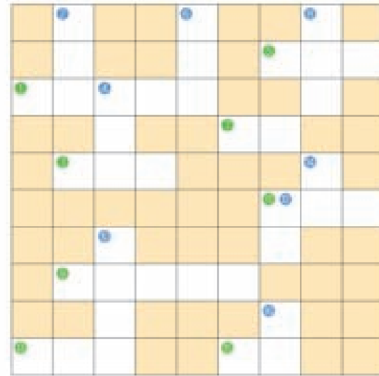
[세로 열쇠 정답]

❷ 불균일, ❹ 혼합물, ❻ 화합물, ❽ 끓는점, ❿ 분별 결정, ⓬ 용질, ⓮ 용해, ⓰ 밀도

대단원 마무리

Ⅴ. 물질의 특성

개념 정리하기



가로 열쇠

❶ 공기처럼 각 성분이 고르게 섞여 있는 혼합물의 한 종류이다.

❸ 한 종류의 물질만으로 이루어져 물질의 특성이 일정한 물질을 말한다.

❺ 고체 상태의 순물질이 융해할 때 나타나는 [ ]은(는) 일정하기 때문에 물질의 특성이 된다.

❼ 찻잎에서 차를 우려내듯이 용매를 이용하여 고체나 액체 혼합물에서 특정 성분만을 녹아나오게 하는 방법이다.

❾ 서로 섞이지 않는 액체 혼합물을 분리할 때 사용하는 기구이다.

⓫ 일정한 온도에서 용매 100 g에 용질이 최대로 녹아 있을 때 용질의 질량을 말한다.

⓭ 불순물이 섞여 있는 고체 물질을 높은 온도의 용매에 녹여 온도를 낮추거나 용매를 증발시켜 순수한 고체 결정을 얻는 방법을 말한다.

⓯ 전체 용액에 포함된 용질의 질량 비율을 백분율로 나타낸 것을 퍼센트 [ ]라고 한다.

세로 열쇠

❷ 성분 물질이 고르지 않게 섞여 있는 혼합물을 [ ] 혼합물이라고 한다.

❹ 두 가지 이상의 순물질이 섞여 있어 물질의 특성이 혼합 비율에 따라 달라지는 물질을 말한다.

❻ 에탄올, 염화 나트륨 등과 같이 두 가지 이상의 원소가 결합하여 만들어진 하나의 새로운 순물질을 말한다.

❽ 액체 상태의 순물질을 가열하면 종류에 따라 일정한 [ ]을(를) 갖기 때문에 서로 구별할 수 있다.

❿ 두 물질의 용해도 차를 이용하여 혼합물에 들어 있는 물질을 각각 분리하는 방법을 말한다.

⓬ 설탕물의 경우 설탕은 [ ]이다.

⓮ 용매에 용질이 고르게 녹아 들어가는 현상을 말한다.

⓰ 단위 부피당 질량을 말하며, 단위는 주로 $g/cm^3$로 나타내는 것이다.

298 Ⅴ. 물질의 특성

**심화 학습** 끓는점 · 용해도

❀ **끓는점과 분자 사이의 인력**

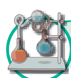
물질을 이루고 있는 분자들은 그 종류에 따라 분자 사이에 작용하는 인력의 크기가 다르다. 인력이 작은 물질은 기화되는 데 필요한 에너지의 크기가 작아서 증발이 잘 일어난다. 그 결과 물질의 증기 압력이 커지고, 증기 압력이 대기압과 같아지는 온도에서 끓게 된다. 결과적으로 분자 사이의 인력이 작은 물질은 끓는점이 낮고, 분자 사이의 인력이 큰 물질은 끓는점이 높다. 물질의 성질이 비슷한 경우에는 일반적으로 분자량이 클수록 분자 간 인력이 커서 끓는점이 높다. 그러나 물 분자는 분자 간 인력이 매우 크기 때문에 분자량에 비해 끓는점이 매우 높은 물질이다.

❀ **기체의 용해도와 압력(헨리 법칙)**

일정 온도에서 일정량의 액체에 용해되는 기체의 질량은 압력에 비례하고 부피는 관계가 없다.(용해도가 작은 기체에만 적용된다.)

**0°C에서 산소의 용해도와 압력 관계** (물 100 g)

| 물에 접한 산소의 압력 | 1기압 | 2기압 |
|---|---|---|
| 질량 | $6.8 \times 10^{-3}$ g | $2(6.8 \times 10^{-3})$ g |
| 부피 | 4.9 mL | 4.9 mL |




❀ **물질의 특성의 다른 예**

(1) **비열** 물질에 열을 가했을 때 온도가 변하는 정도로, 물질 1 g의 온도를 1°C 높일 때 필요한 열량이다. 물은 비열이 커서 온도가 쉽게 변하지 않지만 대부분의 금속은 비열이 작아서 온도가 쉽게 변한다.

(2) **표면 장력** 액체 물질이 표면적을 최소화하려는 성질이다. 물과 에탄올을 각각 한 방울씩 깨끗한 유리판에 떨어뜨리면 표면 장력이 큰 물이 에탄올보다 더 동그란 모양을 나타내는 것을 볼 수 있다. 단, 동그란 정도는 표면의 성질에 따라 다를 수 있다.

(3) **휘발성** 휘발성은 액체 물질이 잘 증발되는 정도를 의미하는데, 일반적으로 끓는점이 낮은 물질이 휘발성도 크다.

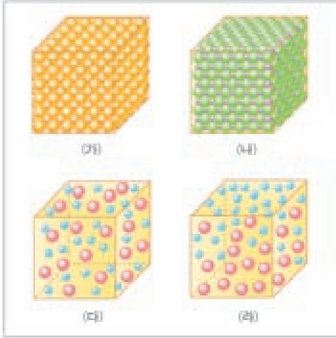
(4) **액성** 물에 녹였을 때 산성, 중성, 염기성을 나타내는 성질이다. 아세트산은 산성을 나타내고, 암모니아는 염기성을 나타낸다. 같은 농도의 수용액이라도 산성의 정도 또는 염기성의 정도가 달라 물질의 특성이 될 수 있다.

(5) **인화성** 불이 잘 붙을 수 있는 성질이다. 수소는 불이 잘 붙지만 이산화 탄소는 불이 붙지 않으며, 불이 붙을 수 있는 최저 온도도 물질마다 다르다.

## 개념 적용하기

**1** 다음 물질 중 순물질인 것은?
① 깨끗한 찻잎에서 우려낸 녹차
② 숲 속에서 만나는 깨끗한 공기
③ 자연에서 얻은 순수한 천연 꿀
④ 남태평양 바다의 투명한 바닷물
⑤ 천연 동굴 안에서 발견된 수정 결정

**2** 그림은 물질들을 모형으로 나타낸 것이다.




이에 대한 설명으로 옳은 것은?
① 순물질은 (가), (나), (다) 세 가지이다.
② (가)는 녹는점이 일정할 것이다.
③ (나)는 균일 혼합물에 해당한다.
④ (다)와 (라)의 끓는점은 같다.
⑤ 설탕물은 (라)의 모형으로 설명할 수 있다.

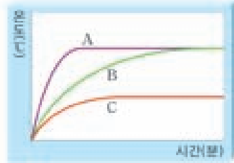
**3** 물질의 특성이 될 수 있는 것을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. 질량　ㄴ. 부피　ㄷ. 밀도
ㄹ. 온도　ㅁ. 압력　ㅂ. 녹는점
ㅅ. 끓는점　ㅇ. 용해도

**4** 실험실에 있는 몇 가지 고체의 질량과 부피를 측정하였더니 표와 같았다. 이 물질들을 밀도가 작은 것에서 큰 순서대로 나열하시오.

| 구분 | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| 질량(g) | 3.0 | 5.0 | 0.001 | 1.0 |
| 부피(mL) | 3.0 | 10 | 500 | 5.0 |

**5** 그림은 액체 A~C를 일정하게 가열하면서 얻은 가열 곡선이다.




이에 대한 설명으로 옳은 것은? (정답 2개)
① 끓는점이 가장 낮은 물질은 A이다.
② 가장 빨리 끓기 시작한 물질은 C이다.
③ A와 B는 같은 물질이다.
④ A는 B보다 양이 적다.
⑤ A의 양은 C의 2배이다.

**6** 뜨거운 물을 그림과 같은 장치에 넣고 뚜껑을 닫은 다음, 피스톤을 이용하여 압력을 낮추어 주었더니 용기 안의 물이 끓었다.



이 실험과 가장 관련이 깊은 것은?
① 압력 밥솥에서는 쌀이 빨리 익는다.
② 눈이 오면 길에 염화 칼슘을 뿌린다.
③ 보트를 탈 때에는 구명조끼를 입는다.
④ 높은 곳에서 밥을 하면 밥이 설익는다.
⑤ 탄산음료는 뚜껑을 닫아서 보관해야 한다.

대단원 마무리 299

## 개념 적용하기

**1** ⑤

[해설] 수정은 이산화 규소가 규칙적으로 배열되어 있는 결정으로 순물질이다. 오염 물질이나 고체 불순물이 없다고 해도 여러 가지 물질이 섞인 것은 혼합물이다.

**2** ②

[해설] (가)는 한 가지 원소로 이루어진 물질(순물질), (나)는 화합물(순물질), (다)는 균일 혼합물, (라)는 불균일 혼합물을 나타낸 것이다. 순물질은 녹는점, 끓는점과 같은 물질의 특성이 일정하게 나타나지만 혼합물은 그렇지 않다. 그리고 설탕물은 균일 혼합물이므로 (다)의 모형으로 설명할 수 있다.

**3** ㄷ, ㅂ, ㅅ, ㅇ

[해설] 물질의 특성은 어떤 물질을 다른 물질과 구별할 수 있게 해 주는 물질 고유의 성질이다. 질량, 부피, 온도, 압력은 물질의 양이나 조건에 따라 달라지며, 다른 물질들도 같은 값을 가질 수 있으므로 물질의 특성이 아니다.

**4** C<D<B<A

[해설] 밀도$=\frac{질량}{부피}$으로 구하면 다음과 같다.

(단위: g/mL)

A: 1.0, B: 0.5, C: 0.000002, D: 0.2

**5** ③, ④

[해설] 액체의 가열 곡선에서 온도가 일정하게 유지되는 구간의 온도가 끓는점이다. A와 B는 끓는점이 같으므로 같은 물질이라고 할 수 있으며, 끓는점에 먼저 도달하는 A가 B보다 양이 적다. 끓는점이 가장 낮은 물질은 수평 구간의 온도가 가장 낮은 C이고, 가장 빨리 끓기 시작한 물질은 수평 구간이 가장 먼저 시작되는 A이다.

**6** ④

[해설] 압력이 낮아지면 끓는점이 낮아지기 때문에 끓는점보다 낮은 온도에서 물이 끓는 현상이다. 압력 밥솥의 경우 압력이 높아지면 끓는점이 높아지는 것과 관계있고, 눈이 오면 염화 칼슘을 뿌리는 것은 혼합물의 녹는점은 순물질보다 낮아지는 것과 관계가 있다. 구명 조끼를 입는 것은 밀도를 작게 하기 위한 방법이고, 탄산음료는 압력이 감소하여 이산화 탄소가 빠져나가는 것을 막기 위해 뚜껑을 닫아서 보관한다.

## 심화 학습 콜로이드

콜로이드는 보통의 분자나 이온보다 크고 지름이 $10^{-9}$~$10^{-7}$ m인 입자들이 용매에 퍼져 있는 것을 말하며, 균일 혼합물로 분류하는 경우도 있으나 용액과는 다르다.

용액은 이온이나 작은 분자처럼 지름이 0.1~2 nm인 입자들이 녹아 있으며 투명하다. 이에 비해 콜로이드 입자는 크기가 커서 거름종이는 통과할 수 있지만 반투막을 통과하지 못한다. 따라서 콜로이드가 담긴 반투막을 물이 담긴 큰 비커 속에 넣으면 반투막을 통하여 이온이나 보통의 분자가 빠져나오고 반투막 속에는 콜로이드만 남는다. 콜로이드는 입자의 크기에 따라 투명해 보일 수도 있고, 뿌옇게 보이거나 불투명할 수도 있다. 그리고 입자의 크기가 작아 눈에 보이지 않으며, 광학 현미경으로도 볼 수 없다. 원자나 분자들이 어느 정도 뭉쳐져서 퍼져 있는 상태이지만 가만히 두어도 분리되지 않는다. 우유나 마요네즈, 크림 같은 것들이 그 예이다.

근래에는 콜로이드 중에서도 수 나노미터~수십 나노미터(1 nm$=10^{-9}$ m) 크기의 입자들이나 그러한 크기의 구조물에 대한 나노 과학, 나노 기술에 관련된 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

## 개념 적용하기

**7** 뜨거운 식용유에 물이 떨어지면 물의 밀도가 식용유의 밀도보다 크기 때문에 물이 식용유 밑으로 가라앉는다. 그리고 식용유는 끓고 있지 않아도 100℃보다 온도가 높으므로 가라앉은 물방울은 빠르게 기화되어 부피가 커지고, 식용유와 함께 밖으로 튀어 오르게 된다.

**8** ㄷ, ㄹ

[해설] 소줏고리를 이용하여 발효주에서 소주를 얻는 것은 물질의 끓는점 차를 이용하여 혼합물을 분리하는 예이다. ㄱ과 ㄴ은 서로 섞이지 않는 액체 혼합물이므로 밀도 차를 이용하여 분리한다.

**9** ④

[해설] ① 소금물은 끓는점 차를 이용하여 증류하면 물만 증발하고 소금이 남는다.

② 소금은 물에 녹지만 모래는 물에 녹지 않는 성질(용해도 차)을 이용하여 거름으로 분리할 수 있다.

③ 커피 알갱이에서 용해도 차를 이용하여 물에 녹는 성분을 물로 추출하여 커피를 얻는다.

④ 공기는 온도를 낮추어 액체로 만든 후 성분 물질들의 끓는점 차를 이용하여 분별 증류하여 분리한다.

⑤ 식용유와 물은 서로 섞이지 않는 액체이므로 분별 깔때기를 사용하여 밀도 차로 분리한다.

**10** ㄱ, ㄴ, ㄷ

[해설] 서로 섞이지 않는 액체 혼합물을 분리할 때 분별 깔때기를 이용한다. 분별 깔때기에서 밀도가 작은 물질이 위층, 밀도가 큰 물질이 아래층으로 분리된다. 분별 깔때기에서는 아래층 액체를 받은 후에 입구 쪽으로 위층 액체를 따라 낸다.

**11** ⑤

[해설] 크로마토그래피에서 이동하는 용매와 친화력이 큰 물질은 상대적인 이동 거리가 길고, 지지대에 있는 물질들과 친화력이 크면 이동 거리가 짧다. 따라서 성분 A는 B보다 용매에 대한 친화력이 작다. 그리고 (다)는 최소한 한 가지 성분, (가), (나), (라)는 최소한 두 가지 성분, (마)는 최소한 세 가지 성분이 포함되어 있다.

### 개념 적용하기

**7** 튀김을 하기 위해 가열한 식용유에 실수로 물을 몇 방울 떨어뜨렸더니 물과 식용유가 튀어 올랐다. 그 이유를 밀도와 끓는점의 차로 설명하시오.

**8** 그림은 우리 조상들이 막걸리와 같은 발효주에서 소주를 얻을 때 사용한 소줏고리이다.



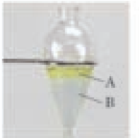
이와 같은 원리로 물질을 분리할 수 있는 혼합물을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. 간장과 참기름　　ㄴ. 물과 식용유
ㄷ. 에탄올과 메탄올　　ㄹ. 아세톤과 물

**9** 다음 혼합물들의 분리 방법과 이용되는 물질의 특성을 옳게 짝지은 것은?

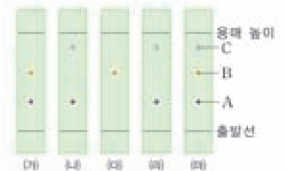
| | 혼합물 | 분리 방법 | 물질의 특성 |
|---|---|---|---|
| ① | 소금물 | 증류 | 녹는점 |
| ② | 소금과 모래 | 재결정 | 용해도 |
| ③ | 커피 알갱이 | 추출 | 끓는점 |
| ④ | 공기 | 분별 증류 | 끓는점 |
| ⑤ | 식용유와 물 | 분별 깔때기법 | 용해도 |

**10** 그림과 같은 장치를 이용하여 두 액체를 분리하는 실험을 하였다. 이 실험 장치에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.




보기
ㄱ. A는 B보다 밀도가 작다.
ㄴ. 기구의 이름은 분별 깔때기이다.
ㄷ. 서로 섞이지 않는 액체 혼합물을 분리한다.
ㄹ. 분리된 혼합물은 위층을 먼저 따라 낸다.

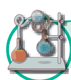
**11** 그림은 수성 사인펜이 어떤 색소로 이루어져 있는지 알아보기 위해 크로마토그래피로 분리한 결과이다.




이에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 성분 A는 B보다 용매에 대한 친화력이 크다.
② (나)는 최소한 세 가지 이상의 성분이 포함되어 있다.
③ (다)와 (라)를 적당량으로 혼합하면 (가)를 얻을 수 있다.
④ (라)를 다른 성분과 혼합하면 대부분의 색깔을 만들 수 있을 것이다.
⑤ 성분 물질의 성질이 비슷하여 다른 방법으로 분리하기 어려운 혼합물을 분리할 때 유용하다.

300 Ⅴ. 물질의 특성



## 학습 자료실

### 크로마토그래피의 종류

(1) **이동상과 정지상에 따른 분류**　액체－고체 크로마토그래피, 액체－액체 크로마토그래피, 기체－고체 크로마토그래피, 기체－액체 크로마토그래피 등으로 나눌 수 있다. 이동상이 기체인 것을 합하여 기체 크로마토그래피라고도 한다.

(2) **분리 과정이나 정지상의 종류 등에 따른 분류**

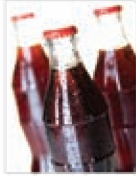
① **분배 크로마토그래피:** 액체－액체 크로마토그래피와 기체－액체 크로마토그래피는 분배 크로마토그래피로, 두 상 사이에서 분리하려는 물질들이 분배되는 차이에 의해 분리된다. 종이 크로마토그래피는 액체－액체 크로마토그래피의 일종으로, 정지상이 종이가 아니라 종이에 흡착된 물(또는 다른 용매)이다.

② **흡착 크로마토그래피:** 얇은 막 크로마토그래피(TLC), 관 크로마토크래피, 기체－고체 크로마토그래피가 여기에 해당한다. 얇은 막 크로마토그래피는 보통 유리판이나 플라스틱판 같은 받침판에 실리카 젤이나 산화 알루미늄과 같은 고체 흡착제의 얇은 막을 입혀서 사용한다. 이때 분리되는 물질의 극성이 클수록 고체 흡착제에 잘 흡착되고, 극성이 작을수록 용매에 녹아서 이동하려고 하므로, 이와 같은 성질의 차이를 이용하여 혼합물을 분리한다. 관 크로마토그래피는 유리관에 고체 흡착제를 채우고 용매를 흘려서 분리되는 물질을 받아 낸다.

## 개념 응용하기

창의 · 인성 키우기

1) 콜라에는 여러 가지 물질이 섞여 있다. 물질의 특성을 이용하여 콜라의 성분 물질을 분리해 낼 수 있는 방법을 세 가지 이상 설계해 보시오.



탐구력 기르기

2) 그림과 같이 드라이아이스를 수조에 넣고 비눗방울을 불어 넣었다.



공기의 밀도와 물에 대한 용해도를 고려하여 비눗방울이 어떻게 될 것인지 예측해 보시오.

창의 · 인성 키우기

3) 자동차에 기름을 넣을 때에는 한낮보다 서늘한 아침에 넣는 것이 환경 친화적이기도 하고, 경제적이어서 좋다고 한다.



휘발유가 가지는 특성을 이용하여 그 이유를 설명하시오.

과학 글쓰기

4) 석유 화학 공장에서는 원유를 분리하여 여러 가지 연료와 아스팔트, 나프타 등을 얻는다. 그리고 나프타를 몇 단계로 처리하면 플라스틱의 원료를 얻을 수 있다. 플라스틱은 그림과 같이 쌀알만한 알갱이로 만든 후 다시 녹여 각종 제품으로 만든다. 따라서 플라스틱을 재활용하려면 플라스틱을 종류별로 나누어서 분리수거하여야 한다.



석유 화학 공장을 견학하면서 위와 같은 사실들을 알게 되었다고 생각하고, 공장 견학 후에 느낀 점들을 물질의 특성이나 혼합물의 분리 과정과 연관지어 글로 표현해 보시오.

탐구력 기르기

5) 시험관에 탄산음료를 넣고 그림과 같이 장치하였다.




(1) 이 실험으로 알아보고자 하는 가설을 써 보시오.
(2) 이 실험에서 관찰해야 할 것이 무엇인지 쓰고, 실험 결과를 예상해 보시오.



## 개념 응용하기

1) ① 콜라를 가열하여 이산화 탄소를 분리한다.
② 이산화 탄소가 제거된 콜라에 활성탄을 넣어 색소를 흡착시킨다.
③ 적절한 용매(다이클로로메테인 등)를 이용하여 카페인을 추출해 낸 후, 용매를 증발시켜 카페인만 얻어 낸다.
④ 남은 용액을 가열하여 물을 증발시켜 얻는다.
이때 남은 용액은 여전히 여러 가지 물질의 혼합물이다.

2) 드라이아이스는 고체 이산화 탄소이다. 드라이아이스를 수조에 넣으면 승화되어 이산화 탄소 기체가 되고, 이산화 탄소는 공기보다 밀도가 크기 때문에 수조 안에 고인다. 여기에 비눗방울을 불어 넣으면 이산화 탄소보다 밀도가 작은 공기가 들어 있는 비눗방울은 수조 안의 이산화 탄소 기체 위에 둥둥 떠다니게 된다. 그리고 이산화 탄소는 물에 약간 녹을 수 있어 비누 막에 녹아들었다가 다시 비누 막 안팎으로 빠져나온다. 비눗방울 안의 기체는 주로 질소와 산소이므로 물에 대한 용해도가 매우 작아서 비누 막에 녹지 않는다. 결과적으로 비눗방울 밖의 이산화 탄소가 비눗방울 안으로 들어가게 되어 비눗방울의 크기가 커진다.

3) 휘발유는 원유를 분별 증류하여 얻은 것으로 몇 가지 탄화수소의 혼합물이며, 주로 끓는점이 상온보다 조금 높은 휘발성 물질들이 많이 포함되어 있다. 그런데 기온이 높은 한낮에는 주유하는 동안 휘발유가 잘 증발하여 공기 중으로 들어가게 된다. 따라서 같은 양의 휘발유를 주유하더라도 기온이 낮은 아침에는 공기 중으로 증발하여 손실되는 양이 훨씬 적기 때문에 경제적이며, 공기를 덜 오염시켜 환경 친화적이다.

4) 예시_ 처음 가 본 석유 화학 공장은 그 규모부터 매우 커서 인상적이었다. 건물은 보이지 않고 커다란 파이프와 굴뚝들이 마을을 이루고 있는 것 같았는데, 그중에서 굴뚝처럼 생긴 것이 끓는점 차를 이용하여 원유를 분별 증류하는 증류탑이라고 하였다. 분별 증류를 거친 후 얻는 것 중에 나프타는 석유 화학 공업에 매우 중요한 물질이다. 우리가 사용하는 거의 모든 플라스틱의 기본 원료를 나프타에서 얻는다고 한다. 나프타에서 얻은 원료로부터 쌀알만 한 알갱이 형태의 플라스틱을 만들고, 용도에 따라 적당한 플라스틱을 골라 제품으로 만든다고 한다. 플라스틱이라고 모두 같은 것이 아니고 종류가 수십 가지가 넘는다고 한다. 플라스틱을 재활용하기 위해서는 재활용 기호에 따라 플라스틱을 분리수거해야겠다고 결심했다.

5) (1) ① 기체의 용해도는 온도가 높을수록 작아진다.(또는 기체의 용해도는 온도가 낮을수록 커진다.)
② 기체의 용해도는 압력이 높을수록 커진다.(또는 기체의 용해도는 압력이 낮을수록 작아진다.)
(2) 마개의 여부와 온도에 따른 기포 발생량을 비교한다. 이때 마개가 없는 것끼리(또는 마개가 있는 것끼리) 비교하면 온도가 높은 쪽에서 기포가 많이 발생할 것이고, 같은 온도에서는 마개가 없는 것이 마개가 있는 것보다 기포가 많이 발생할 것이다.

# 대단원 평가문항 예시

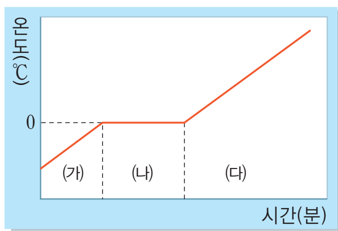
**01** 순물질과 혼합물에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 순물질은 녹는점과 끓는점이 일정하다.
② 혼합물은 성분 물질의 성분비가 일정하다.
③ 혼합물은 항상 가열 곡선에 수평한 구간이 존재한다.
④ 혼합물에는 한 가지 원소로 이루어진 물질과 화합물이 있다.
⑤ 순물질은 두 종류 이상의 물질이 성질을 잃지 않고 섞여 있는 것이다.

**02** 물질의 겉보기 성질에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 물질의 종류를 구별하는 데 이용된다.
② 색, 맛, 냄새, 모양, 굳기, 결정 모양 등이 있다.
③ 사람의 감각이나 간단한 도구를 이용해서 구별할 수 있는 성질이다.
④ 물질의 겉보기 성질을 조사하면 모든 물질의 종류를 알아낼 수 있다.
⑤ 식초와 에탄올은 냄새로 구별하고, 소금과 설탕은 맛으로 구별할 수 있다.

**03** 그래프는 얼음의 가열 시간에 따른 온도 변화를 나타낸 것이다.




위 그래프의 각 구간에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

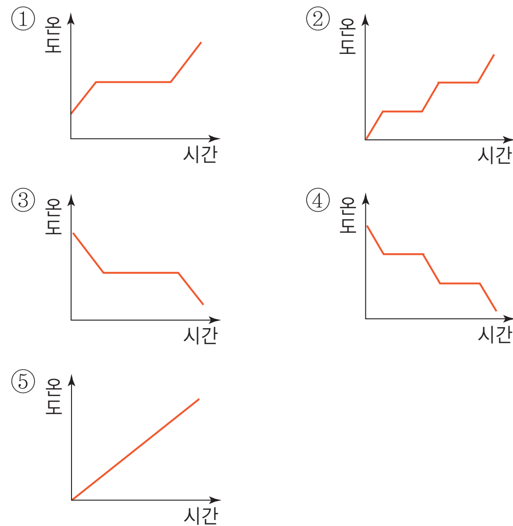
보기
ㄱ. (가) 구간에서는 얼음이 물로 변한다.
ㄴ. (나) 구간에서는 물과 얼음이 같이 존재한다.
ㄷ. (다) 구간에서 물질은 액체 상태로 존재한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

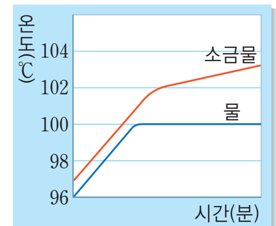
**04** 물의 끓는점에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 물은 질량에 따라 끓는점이 다르다.
② 물은 끓는점 이상에서 기체로 존재한다.
③ 기압이 높아지면 물의 끓는점도 높아진다.
④ 물이 끓는 동안 온도는 일정하게 유지된다.
⑤ 산 꼭대기에서 물의 끓는점은 100℃보다 낮다.

**05** 다음 중 액체 순물질의 가열 곡선으로 옳은 것은?



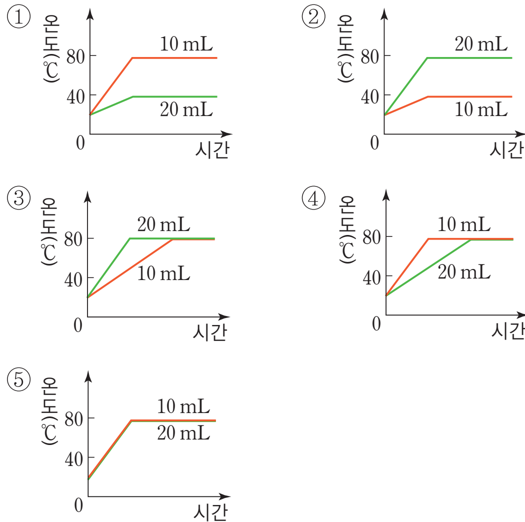

**06** 그래프는 소금물과 물을 가열하면서 시간에 따른 온도 변화를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?



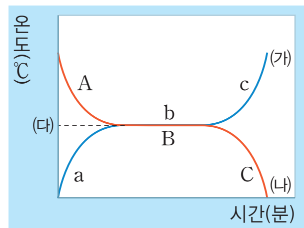

보기
ㄱ. 소금물과 물은 끓는점이 같다.
ㄴ. 소금물은 끓는 동안 온도가 계속 높아진다.
ㄷ. 소금물이 끓는 동안 물과 소금이 모두 기화된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** 에탄올 10 mL와 20 mL를 일정하게 가열하여 얻은 가열 곡선으로 옳은 것은?




**08** 그래프는 어떤 고체 물질 X의 가열 곡선과 이 고체가 액체로 된 물질의 냉각 곡선을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?




① (가)는 냉각 곡선이고, (나)는 가열 곡선이다.
② (다)의 온도는 끓는점이다.
③ A 구간은 고체 상태, c 구간은 액체 상태이다.
④ B와 b 구간의 온도가 같은 이유는 X가 혼합물이기 때문이다.
⑤ B 구간과 같이 수평 구간이 나타나는 이유는 상태 변화가 일어나기 때문이다.

**09** 표는 몇 가지 물질들의 녹는점과 끓는점을 나타낸 것이다.

| 물질 | 질소 | 금 | 수은 | 나프탈렌 | 산소 |
|---|---|---|---|---|---|
| 녹는점(℃) | −210 | 1,064 | −39 | 81 | −218 |
| 끓는점(℃) | −196 | 2,807 | 357 | 218 | −183 |

상온(25℃)에서 액체 상태인 물질은?

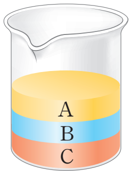
① 질소 ② 금 ③ 수은
④ 나프탈렌 ⑤ 산소

**10** 모양이 불규칙한 스타이로폼의 밀도를 측정하는 데 필요한 실험 기구를 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 물 ㄴ. 시험관 ㄷ. 전자저울
ㄹ. 자 ㅁ. 가는 철사 ㅂ. 눈금 실린더

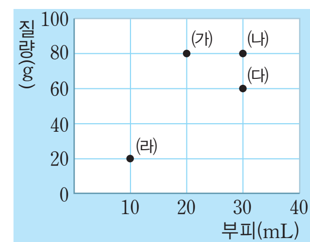
① ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ ② ㄱ, ㄷ, ㄹ, ㅂ
③ ㄱ, ㄷ, ㅁ, ㅂ ④ ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ
⑤ ㄷ, ㄹ, ㅁ, ㅂ

**11** 세 가지 액체 혼합물을 비커에 넣었더니 그림과 같이 층을 이루었다. 질량이 3.6 g이고, 부피가 3.0 $cm^3$인 플라스틱 조각을 이 비커에 넣으면 어느 곳에 머무르겠는가?(단, 액체의 밀도가 A는 0.91 $g/cm^3$, B는 1.1 $g/cm^3$, C는 1.6 $g/cm^3$이다.)




① A의 위쪽 ② A와 B의 경계면
③ B의 중간 ④ B와 C의 경계면
⑤ C의 아래쪽

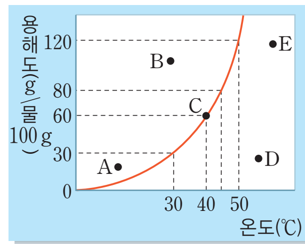
**12** 그래프는 몇 가지 물질의 질량과 부피를 측정한 결과이다.




같은 종류의 물질이라고 생각되는 것끼리 짝지은 것은?

① (가), (나) ② (가), (다)
③ (나), (다) ④ (나), (라)
⑤ (다), (라)

[13~14] 그래프는 어떤 고체 물질의 용해도 곡선을 나타낸 것이다.

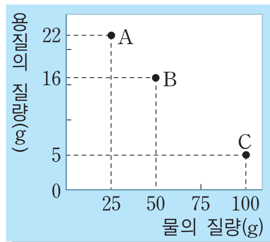



**13** 위 그래프의 A~E 중 포화 용액인 것을 쓰시오.

**14** 위 그래프에서 50℃의 포화 용액의 온도를 40℃로 낮추면 용질 중 몇 %가 석출되겠는가?

① 10 % ② 40 % ③ 50 %
④ 60 % ⑤ 100 %

**15** 그래프는 일정한 온도에서 물의 질량에 따라 포화된 용질 A, B, C의 질량을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

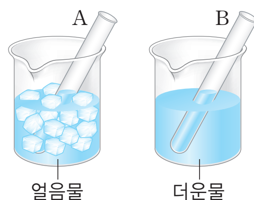



보기

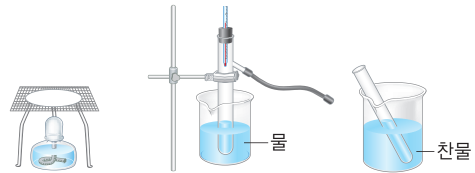
ㄱ. A의 용해도는 88이다.
ㄴ. B의 용해도는 C보다 작다.
ㄷ. C 10 g이 모두 녹은 포화 용액의 퍼센트 농도는 10 %이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**16** 그림과 같이 탄산음료가 들어 있는 시험관을 서로 다른 온도의 물에 넣은 후 변화를 관찰하였다. 기포가 더 많이 발생하는 시험관은 어느 시험관이고, 그 이유가 무엇인지 쓰시오.

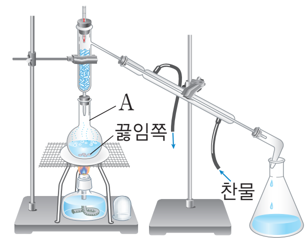



**17** 다음 실험 장치를 모두 이용하여 분리할 수 있는 혼합물로 가장 적절한 것은?




① 소금과 후추 ② 소금물
③ 물과 참기름 ④ 설탕과 모래
⑤ 질산 칼륨과 염화 나트륨

**18** 그림은 액체 혼합물을 분리하는 실험 장치를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?




보기

ㄱ. A에서는 상태 변화가 일어난다.
ㄴ. 서로 잘 섞이지 않는 액체 혼합물을 분리할 때 이용한다.
ㄷ. 용액이 갑자기 끓어오르는 것을 방지하기 위해 끓임쪽을 넣는다.

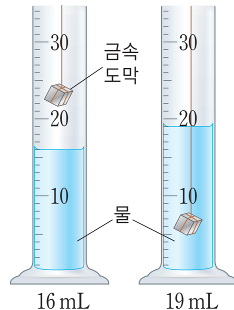
① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**19** 표는 서로 잘 섞이는 두 액체 A, B의 몇 가지 특징을 나타낸 것이다.

| 구분 | 밀도(g/cm³) | 녹는점(℃) | 끓는점(℃) |
|---|---|---|---|
| A | 1.0 | 0 | 100 |
| B | 0.79 | −96 | 64.1 |

A와 B의 혼합물을 분리하려고 할 때 이용하기에 가장 적당한 특징은 무엇인지 쓰시오.

**20** 그림은 어떤 금속 도막의 부피를 측정하는 과정을 나타낸 것이다.




이 금속의 질량이 33 g일 때, 이 금속의 밀도로 옳은 것은?

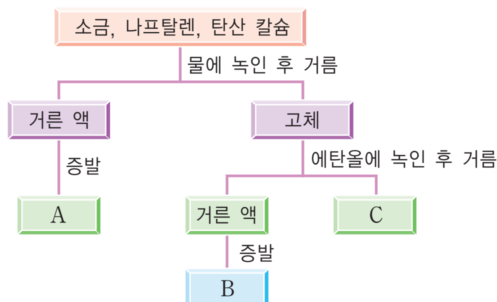
① 5 g/cm³ ② 8.1 g/cm³ ③ 10.5 g/cm³
④ 11 g/cm³ ⑤ 13 g/cm³

**21** 밀도 차를 이용하여 혼합물을 분리하는 경우를 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 좋은 볍씨 가려내기
ㄴ. 키질로 곡식 고르기
ㄷ. 원유에서 휘발유 정유하기
ㄹ. 모래에 섞인 사금 가려내기

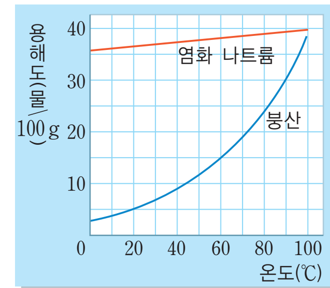
① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄹ

**22** 그림은 소금, 나프탈렌, 탄산 칼슘이 섞여 있는 혼합물을 각 성분 물질로 분리하기 위한 과정을 나타낸 것이다.




A, B, C에 해당하는 물질을 각각 쓰시오.

**[23~24]** 그래프는 염화 나트륨과 붕산의 용해도 곡선을 나타낸 것이다.

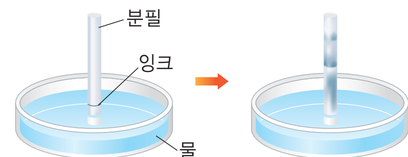



**23** 염화 나트륨 30 g과 붕산 15 g이 섞여 있는 혼합물을 80℃의 물 100 g에 녹인 다음, 이 용액을 20℃로 냉각시킨 후 거름종이로 걸렀다. 이때 거름종이 위에 남아 있는 물질을 증발시켰을 때 얻어지는 결정과 그 양은?

① 붕산, 5 g ② 염화 나트륨, 5 g
③ 붕산, 10 g ④ 염화 나트륨, 10 g
⑤ 붕산, 염화 나트륨 각각 5 g

**24** 위와 같은 혼합물의 분리 방법은 물질의 어떤 특성 차를 이용한 것이며, 이러한 분리 방법을 무엇이라고 하는지 순서대로 쓰시오.

**25** 그림은 잉크의 색소를 분리하는 실험을 나타낸 것이다.




이와 같은 원리로 혼합물을 분리하는 예로 가장 적합한 것은?

① 원유에서 휘발유 분리
② 소금물에서 소금 분리
③ 시금치 색소의 성분 분리
④ 식초 속의 아세트산 분리
⑤ 기름이 유출된 바다에서 기름 분리

# Ⅵ 일과 에너지 전환

❖ 이 단원에서는

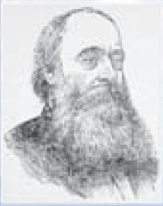
에너지는 물리 현상뿐만 아니라 생명 현상, 우주의 탄생과 기원 등 많은 분야에서 매우 중요한 개념으로서, 한 종류의 에너지는 다른 종류의 에너지로 전환되면서 여러 가지 일을 할 수 있다. 과학적으로 일을 한다는 것의 의미는 무엇일까? 또 에너지를 이용하여 어떻게 일을 할 수 있을까?

이 단원에서는 일과 에너지의 정의 및 그 관계를 알고 일의 원리를 적용하는 사례와 역학적 에너지 보존 법칙을 학습한다. 또한 일상생활에서 경험할 수 있는 여러 가지 에너지의 종류와 에너지가 전환될 때의 특징을 이해하고, 미래 생활에서 에너지의 중요한 역할에 대해서도 알아보자.

1 일과 역학적 에너지

2 에너지 전환

줄(Joule, J. P. : 1818~1889)



영국의 물리학자로서 16세 때 화학자 돌턴(Dalton, J.)에게 화학과 물리학의 기초 교육을 받은 것 외에는 독학으로 공부하였다.

20세 무렵에는 전류로부터 역학적 일을 발생시키는 장치의 발명을 목표로 전류 연구에 전념하였다. 그 결과 1840년에는 전류가 흐르는 도선에서 열이 발생한다는 사실을 알게 되었고, 이때 발생하는 열량과 전류의 관계를 조사하여 줄의 법칙을 발견하였다. 그는 에너지 보존 법칙을 최초로 주장하였고, 1866년에는 영국 왕립 학회로부터 당시의 과학계 최고 명예라고 할 수 있는 코플리 메달을 받았다.

302 303

## ▶ 단원의 개관

학생들이 초등학교 5~6학년군에서 학습한 '온도와 열', '전기의 작용', 그리고 중학교 ①에서 학습한 '열과 우리 생활'과 연계된 내용이다. 즉, 학생들은 이전 학년을 거치며 열에 의한 여러 가지 작용과 전기의 작용을 배운 상태이며, 이 단원을 학습한 이후 중학교 ③에서 '전기와 자기' 단원과 연계하여 에너지 개념을 학습하게 된다.

일과 에너지는 서로 전환되며, 에너지는 한 형태에서 다른 형태로 전환되는 것으로, 새롭게 생기거나 없어지지 않는 물리량임을 인식하는 것이 중요하다.

이 단원에서는 일과 에너지의 관계를 학습하고, 과학에서의 일과 일의 원리를 이해하도록 한다. 특히 에너지는 물리 현상뿐만 아니라 생명 현상, 우주의 탄생과 기원 등 많은 분야와 관련된 개념이며, 일은 에너지를 이해하는 데 기초가 되는 물리량임을 알게 한다.

## ▶ 단원 학습 위계

| 이미 배운 내용 | | 이번에 배울 내용 | 다음에 배울 내용 | |
|---|---|---|---|---|
| 초등학교 5~6학년군 | • 온도 재기<br>• 열의 이동, 열평형<br>• 전구의 밝기 비교<br>• 전류와 전자석 | • 일과 일률<br>• 일의 원리<br>• 역학적 에너지<br>• 에너지와 미래 생활<br>• 에너지 전환과 보존 | 중학교 ③ | • 정전기 유도<br>• 전류 · 전압 · 저항<br>• 전기 에너지와 소비 전력<br>• 전류에 의한 자기장<br>• 자기장 내의 전류가 받는 힘<br>• 유도 전류 |

## ▶ 교육과정

### ■ 학습 내용 성취 기준

(가) 일과 일률의 정의를 알고, 일과 에너지의 관계를 이해한다.

(나) 간단한 도구를 이용하여 일의 원리를 이해하고, 도구를 유용하게 사용하는 예를 안다.

(다) 운동 에너지와 위치 에너지를 알고, 역학적 에너지 보존 법칙을 이해한다.

(라) 빛에너지, 열에너지, 전기 에너지, 소리 에너지, 신 · 재생 에너지 등 여러 형태의 에너지 종류와 특징을 알고, 인류의 미래에서 에너지가 담당할 중요한 역할을 이해한다.

(마) 에너지 전환의 예를 일상생활에서 찾고, 전환 과정에서 에너지가 보존됨을 이해한다.

### ■ 탐구 활동

(가) 지레를 이용한 일의 원리 실험하기

(나) 낙하하는 물체의 역학적 에너지 보존 법칙 확인하기

(다) 신 · 재생 에너지를 비롯한 여러 가지 에너지의 특징 조사하기

## ▶ 단원 지도상 유의점

1 과학에서의 일과 일상에서의 일을 비교하여 일의 개념을 정확히 갖도록 지도한다.

2 일의 효율은 어떻게 비교하면 좋을지 생각해 보게 한다.

3 지레의 원리는 생활 주변에서 사용하는 여러 가지 예를 충분히 활용하여 이해를 돕는다.

4 지레, 도르래, 빗면 등의 도구를 이용하는 실험에서는 물체가 받는 일과 사람이 해 준 일의 양을 비교하고 분석하여 일의 원리를 터득하게 지도한다.

5 위치 에너지는 기준점의 설정에 따라 크기가 변하고 질량에 비례하는 값임을 이해하도록 지도한다.

6 낙하하는 물체의 감소하는 위치 에너지만큼 운동 에너지가 증가하게 됨을 실험을 통하여 알게 하고, 이를 통하여 역학적 에너지 보존 법칙을 이해하도록 지도한다.

7 여러 가지 에너지를 조사하여 각 에너지가 갖는 특징을 이해하도록 한다.

8 신 · 재생 에너지의 종류와 특징을 알고 신 · 재생 에너지가 우리의 미래 생활에 어떤 영향을 줄지 생각하게 한다.

9 에너지 전환의 예를 주변에서 찾아 설명하고, 에너지는 보존되지만 인간이 사용할 수 있는 에너지는 감소하고 있음을 이해하도록 지도한다.

## 참고 자료

### ■ 참고 도서_교사용

1. 수학 없는 물리(2010), Paul G. Hewitt 저, Pearson Education Korea
2. 수학 없는 물리 – 해답집(2010), Paul G. Hewitt 저, 엄정인 역, 홍릉 과학 출판사
3. 대학 일반 물리학(2011), David Halliday 저, 고려대학교 물리학과 역, 범한 서적
4. 에너지의 기초, 정문혁 외 저, 동아대학교 출판부

### ■ 읽을 책_학생용

1. 재미있는 물리 여행(1988), 루이스 엡스타인 저, 백윤선 역, 김영사
2. 재미있는 생활 속의 물리 여행(2001), Jim Jardine 저, 물리 교재 편찬 위원회 역, 한승
3. 물리가 물렁물렁(1997), 닉 아놀드 저, 김영사

### ■ 시청각 자료_internet

1. 사이언스올 과학 실험실: http://www.scienceall.com
2. 물리학 연구 정보 센터: http://icpr.or.kr
3. 한국 교육 학술 정보원: http://www.keris.or.kr
4. 기상청: http://www.kma.go.kr
5. 에너지 관리 공단: http://www.kemco.or.kr

## ▶ 단원 지도 계획

| 중단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
|---|---|---|---|---|
| Ⅵ-1 일과 역학적 에너지 | 1 일과 일률 | 8 | 1~2 /15차시 | • 일상생활에서 사용하는 일과 과학에서 정의하는 일의 개념 구별하기<br>• 일과 일률의 정의를 알기<br>• 일의 양을 힘과 이동 거리의 곱으로 구하고 비교하기<br>• 일률의 크기를 구하고 비교하기<br>• 일과 에너지의 관계 알기<br>• STEAM: 바퀴의 발명 |
| | 2 일의 원리 | | 3~5 /15차시 | • 탐구 활동: 지레를 이용한 일의 원리<br>• 지레를 이용한 일의 원리 이해하기<br>• 도르래를 이용한 일의 원리 이해하기<br>• 빗면을 이용한 일의 원리 이해하기<br>• 보충 · 심화: 우리 몸에 숨겨진 지레 |
| | 3 역학적 에너지 | | 6~8 /15차시 | • 운동 에너지를 질량과 속력에 관련지어 알기<br>• 위치 에너지를 질량과 높이에 관련지어 알기<br>• 역학적 에너지의 정의를 알고 역학적 에너지 전환 관계 알기<br>• 탐구 활동: 낙하하는 물체의 역학적 에너지 보존<br>• 역학적 에너지 보존 법칙 이해하기 |
| Ⅵ-2 에너지 전환 | 1 에너지와 미래 생활 | 6 | 9~11 /15차시 | • 탐구 활동: 여러 가지 에너지의 특징<br>• 빛에너지, 전기 에너지, 열에너지, 소리 에너지의 특징 알기<br>• 신 · 재생 에너지의 종류와 특징 알기<br>• 에너지와 미래 생활<br>• 보충 · 심화: 탄소 제로 도시를 꿈꾸며……. |
| | 2 에너지 전환과 보존 | | 12~14 /15차시 | • 에너지 전환의 예를 일상생활에서 찾아보기<br>• 과학 자료실: 백열전구야, 잘 가!<br>• 우리 생활에서의 에너지 전환<br>• 에너지 보존 법칙 알기<br>• STEAM: 에너지 관리 공단 |
| 대단원 마무리 | | 1 | 15/15차시 | • 개념 정리하기, 개념 적용하기, 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
|---|---|---|---|
| 조사<br>관찰<br>토의 | • 일상생활에서 사용하는 일과 과학에서 사용하는 일의 의미를 구별하고 적용할 수 있는지 관찰법과 토론법으로 평가한다.<br>• 일의 정의를 바르게 말할 수 있는지 평가한다.<br>• 한 일의 양을 정량적으로 계산할 수 있는지 평가한다.<br>• 일률의 정의를 알고 정량적으로 계산하고 비교할 수 있는지 평가한다.<br>• 일과 에너지의 관계를 알고 설명할 수 있는지 관찰법과 토론법으로 평가한다. | 306～311 | 352～357 |
| 실험<br>관찰<br>토의 | • 지레를 이용하여 일의 원리를 바르게 설명할 수 있는지 평가한다.<br>• 도르래의 원리를 일의 원리로 바르게 설명할 수 있는지 평가한다.<br>• 빗면을 이용하여 일의 원리를 바르게 설명할 수 있는지 평가한다. | 312～319 | 358～365 |
| 실험<br>관찰<br>토의 | • 운동 에너지를 질량과 속력을 사용하여 설명할 수 있는지 평가한다.<br>• 위치 에너지를 질량과 높이를 사용하여 설명할 수 있는지 평가한다.<br>• 역학적 에너지의 정의와 운동 에너지와 위치 에너지의 전환 관계에 대하여 설명할 수 있는지 평가한다.<br>• 탐구 활동으로 역학적 에너지 보존에 대하여 실험할 수 있는지 평가한다.<br>• 역학적 에너지 보존 법칙을 설명할 수 있는지 평가한다. | 320～327 | 366～373 |
| 조사<br>관찰<br>토의 | • 탐구 활동으로 여러 가지 에너지의 특징을 조사할 수 있는지 평가한다.<br>• 신 · 재생 에너지의 예를 들 수 있고, 그 특징을 설명할 수 있는지 평가한다.<br>• 에너지와 우리의 미래 생활의 밀접한 관계를 이해하고 설명할 수 있는지 평가한다. | 330～339 | 374～383 |
| 조사<br>분류<br>관찰 | • 여러 가지 에너지 전환에 대하여 설명할 수 있는지 평가한다.<br>• 우리 생활에서의 에너지 전환을 예를 들어 설명하고 정리할 수 있는지 평가한다.<br>• 에너지 보존에 대하여 바르게 알고 있으며, 인간이 사용할 수 있는 에너지는 감소하고 있음을 알고 있는지 평가한다. | 340～345 | 384～389 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 346～349 | 390～393 |

# 1-1 일과 일률

## | 학습 내용 안내 |

(1) 과학에서 의미하는 일의 정의를 알고, 일의 양을 구하고 비교한다.
(2) 일률의 정의를 알고, 일률의 크기를 구하고 비교한다.
(3) 일과 에너지의 관계를 설명한다.

## | 학습 전개 |

일상생활에서 여러 가지 뜻으로 사용되는 일의 예를 들게 한다.



과학에서의 일을 정의하고, 그 크기를 구하고 비교할 수 있게 한다.



일률의 정의를 알고, 그 크기를 비교할 수 있게 한다.



일과 에너지의 관계를 설명하고, 한 일이 에너지로 저장될 수 있음을 이해시킨다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

이 단원은 직선 상의 운동에서 볼 때 '속력 → 속력 변화율 → 힘 → 일(에너지)'로 이어지는 학습 과정상에 있음을 알고 지도한다. 직선 상의 운동이 아닌 일반적인 운동일 때에는 '속도 → 가속도 → 힘 → 일(에너지)'로 이어진다. 이것을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$v \rightarrow \frac{\Delta v}{t} \rightarrow m\frac{\Delta v}{t} \rightarrow m\frac{\Delta v}{t}s$$

이와 같은 일련의 학습 과정 속에서 일과 에너지를 학습하게 한다.

### 찾아보기

- 사이언스올 http://www.scienceall.com
- 물리 법칙으로 이루어진 세상, 정갑수, 양문



# 1-1 일과 일률

**학습 목표**

- 과학에서 의미하는 일의 정의를 알고 일의 양을 구할 수 있다.
- 일률의 개념을 이해하고, 일률을 구할 수 있다.

사람은 여러 가지 일을 하면서 살아간다. 그리고 우리는 일상생활에서 일이란 말을 자주 사용한다. 이러한 일의 의미에는 직업, 업무, 의무, 계획 등 여러 가지가 있다.

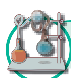
과학에서 말하는 일과 일상생활에서 말하는 일은 어떻게 다를까?

다음 그림은 '일'이라는 말이 사용되는 여러 가지 상황이다. 이 중 과학에서 말하는 일에 해당하는 것을 찾아보자.




그림 Ⅱ-1 여러 가지 일의 의미





## 학습 자료실

### 일과 에너지의 중요성과 학습의 어려움

에너지는 과학 이론을 학습하는 과정에서 매우 중요한 개념 중 하나이다. 우주 만물의 구성은 크게 물질과 에너지의 결합이라고 할 수 있다. 이때 물질은 실체이고, 에너지는 실체를 움직이게 하는 동력이다.

물질은 실체가 있어 일정한 공간을 차지하므로 이해하기가 비교적 쉽다. 그러나 에너지는 추상적인 개념이라서 처음 개념을 정리하기가 쉽지 않다.

에너지는 형태가 전환될 때에만 관측할 수 있다. 예를 들어 태양으로부터 얻는 에너지는 전자기파로 전달되지만 우리가 느끼는 것은 열과 빛의 형태로 전환된 에너지이다. 또 식물은 에너지를 흡수하여 물질을 만들며, 사람은 물질(음식물)을 섭취하여 에너지를 얻는다.

'일'은 이렇게 추상적인 에너지 개념을 학습하는 데 관건이 되는 중요한 개념이다. 따라서 '속도 → 가속도 → 힘 → 일(에너지)'로 이어지는 연계 학습을 통해 일과 에너지의 개념과 관계를 알게 하고, 여러 가지 에너지의 형태와 전환(이용)을 통해 에너지 개념을 정확히 이해시키는 것은 어렵지만 매우 중요한 과정이다.

**일과 일의 양**

사람이 물건을 실은 카트를 밀면 카트는 힘을 받아 힘의 방향으로 움직인다. 이와 같이 과학에서는 힘이 물체에 작용하고 그 물체가 힘의 방향으로 이동할 때 힘이 일을 한다고 한다.

과학에서 말하는 일은 힘을 많이 이용하는 운동 경기에서도 알 수 있다. 역도 선수가 무거운 역기를 들고 서 있거나 힘을 주어도 역기가 움직이지 않는다면, 역기에 대해 일을 하지 않는 것이다. 하지만 바닥으로부터 역기를 들어 올리면 역기를 들어 올리는 힘이 역기에 일을 한 것이다.

또 양궁 선수가 화살을 활시위에 걸어 당기고 가만히 있을 때에는 일을 하는 것이 아니다. 그러나 당겨져 있는 활시위를 놓으면 활의 탄성력이 화살에 일을 하여 화살이 앞으로 나아가게 된다.

한편, 중력이 일을 하는 경우도 있다.

물이 댐에 고여 있을 때에는 일을 하지 않는다. 하지만 물이 중력에 의해 높은 곳에서 낮은 곳으로 떨어지면 중력이 물에 일을 하는 것이다.

중력이 하는 일은 이 밖에도 수없이 많다. 높은 하늘에서 떨어지는 스카이다이버나 높은 곳에서 떨어지는 놀이기구들의 경우에도 중력이 일을 하는 것이다. 이와 같이 지표면으로 떨어지는 모든 물체에 대하여 중력은 일을 한다.

생각해 보자 생활 주변에서 탄성력이 일을 하는 경우의 예를 들어 보자.



그림 Ⅱ-2 사람의 힘이 하는 일(역도)



그림 Ⅱ-3 탄성력이 하는 일(양궁)



그림 Ⅱ-4 중력이 하는 일(스카이다이빙)

1. 일과 역학적 에너지 307

## 심화 학습 일과 충격량

물체에 힘을 작용하여 물체를 이동시켰을 때 이동한 거리와 힘의 관계를 고려한 물리량은 일이고, 가한 힘과 시간의 관계를 고려한 물리량은 충격량이다.

**(1) 힘의 공간적 축적**

일은 힘을 공간적으로 축적하는 것이다. 즉, 일은 물체에 힘을 가하여 얼마나 움직였는지를 보는 것이며, 이때 한 일의 양은 에너지로 저장된다.

**(2) 힘의 시간적 축적**

충격량은 힘을 시간적으로 축적하는 것이다. 물체에 힘을 작용한 시간이 길면 물체는 더 많은 에너지를 얻을 수 있다. 이때 힘이 작용한 시간을 작용한 힘과 곱하여 물체에 작용한 힘의 효과를 따지는 것을 충격량이라고 한다. 즉, 충격량은 힘과 힘을 가한 시간의 곱으로 구하는데, 충격량은 운동량의 변화(=질량×속력 변화)와 같다.



자동차 충돌 시험

## 잠깐 체크

탄성력이 일을 하는 경우로는 활의 활시위, 키보드의 용수철, 스테이플러의 용수철, 빨래집게의 철사, 테니스 라켓이나 배드민턴 라켓의 줄, 번지 점프의 줄 등이 있다.



빨래집게



번지 점프

## 과학 자료실

### 중력과 탄성력

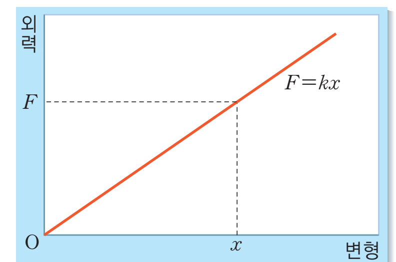
힘에는 물체가 서로 접촉하지 않고 장(field)에 의해 작용하는 힘과 물체 사이에서 물리적 접촉에 의한 힘이 있다. 예를 들어 중력이나 전기력, 자기력 등은 장에 의한 힘이고, 탄성력이나 공을 차는 힘, 수레를 끄는 힘 등은 접촉에 의한 힘이다.

(1) **중력** 질량을 가진 두 물체가 서로 당기는 힘을 중력이라고 한다. 중력은 접촉해 있는 물체와 접촉해 있지 않은 물체 사이에서 모두 작용하며, 중력에는 서로 당기는 힘만 있고 미는 힘은 없다.

(2) **탄성력** 외부의 힘에 의해 변형된 물체가 원래의 모양으로 되돌아가려는 힘을 탄성력(복원력)이라고 한다. 탄성력의 크기와 방향은 훅(Hooke)의 법칙을 따른다.

훅의 법칙은 탄성 한계 내에서 물체가 변형되었을 때 탄성력의 크기는 변형된 정도에 비례한다는 것이다. 이때 탄성력의 방향은 변형된 방향과 반대이다.

훅의 법칙: $F=kx$($k$: 탄성 계수)




훅의 법칙



### ❀ 일의 양

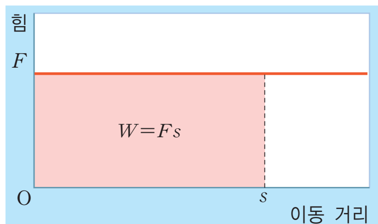
힘 $F$를 작용하여 거리 $s$만큼 물체를 이동시켰을 때 힘 $F$가 한 일 $W$는 다음과 같다.

$$W=F\times s$$

이 관계는 힘과 이동 거리의 그래프를 그려 보면 쉽게 알 수 있다.

**(1) 힘이 일정하게 작용할 때 한 일의 양**

역기 선수가 1,000 N의 일정한 힘으로 역기를 높이 2 m만큼 들어 올렸다면 한 일의 양은 1,000 N$\times$2 m$=$2,000 J이다. 이와 같이 힘이 일정하게 작용할 때 힘과 이동 거리의 그래프로 그려 보면 다음과 같고, 그래프 아래 넓이는 한 일의 양과 같다.



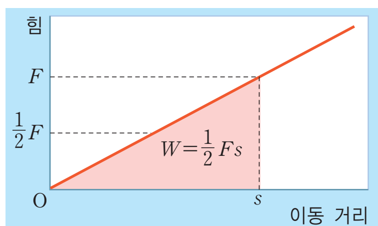

❷ 힘-이동 거리 그래프(일정한 힘의 작용)

**(2) 힘이 일정하지 않을 때 한 일의 양**

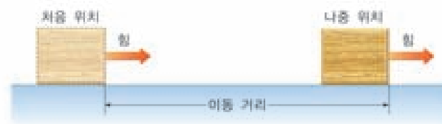
활의 줄을 당겼다가 놓으면 줄에 걸리는 힘은 처음에는 크지만 점차 작아져서 0이 된다. 또 용수철을 천천히 당기면 적게 늘어났을 때에는 힘이 작게 들지만 많이 늘어날수록 드는 힘은 증가하게 된다.

이와 같이 물체에 작용하는 힘이 일정하지 않을 때에도 힘과 이동 거리의 그래프를 그려서 한 일의 양을 구할 수 있다.

처음에 힘은 0이었고, 거리 $s$만큼 당길 때 일정하게 증가하여 마지막에 작용한 힘이 $F$이면 그래프는 다음과 같고, 한 일의 양은 그래프 아래의 넓이와 같다.




❸ 힘-이동 거리 그래프(일정하지 않은 힘의 작용)




❺ 그림 Ⅱ-5 힘이 한 일

힘이 얼마나 많은 일을 했는지 알기 위해서는 힘의 크기와 힘의 방향으로 이동한 거리를 알아야 한다.

힘의 크기가 같을 때에는 이동한 거리가 길수록 더 많은 일을 한 것이고, 이동 거리가 같을 때에는 작용한 힘이 클수록 더 많은 일을 한 것이다.

따라서 일의 양은 힘의 크기와 힘의 방향으로 이동한 거리를 곱하여 구할 수 있다. 이때 일의 단위는 **J(줄)**을 사용하는데, 1 J은 1 N의 힘을 작용하여 물체를 1 m 이동시켰을 때 한 일의 양이다.

용어 1 J
1 J=1 N × 1 m

| 일의 양($W$) = 힘($F$) × 이동한 거리($s$) |
|---|

물체를 이동시키는 데 힘이 작용하지 않거나 힘이 작용하는 방향으로 이동하지 않으면 일을 한 것이 아니다.

예를 들어, 책상을 미는 경우 책상을 미는 힘과 책상이 움직인 거리의 곱이 한 일이 된다. 그러나 벽을 밀고 있을 때 벽이 움직이지 않으면 이동 거리가 0이므로 한 일도 0이 된다. 또 가방을 든 상태로 걸어갈 때 손이 가방에 작용한 힘이 한 일은 0이 된다. 가방은 손이 작용한 힘의 방향으로 움직이지 않기 때문이다.

더 자세히
직선상에서 일정한 속력으로 운동하는 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 이 물체에 알짜힘이 한 일은 0이 된다.

❻ 그림 Ⅱ-6 일을 한 경우_ 책상을 밀어 움직인다.



❼ 그림 Ⅱ-7 일을 하지 않은 경우_ 가방을 들고 걸어가거나 벽면을 민다.



308 Ⅱ. 일과 에너지 전환




### ❀ 한 일이 0인 경우의 과학적 의미

과학에서는 힘이 작용하고 물체가 그 힘의 방향으로 이동하였을 때 힘이 일을 한다고 한다. 이때 일의 양은 힘과 물체가 이동한 거리의 곱으로 표현되는데, 일의 양이 0이라는 것은 힘을 가해도 물체가 이동한 거리가 없거나 물체가 힘의 방향과 수직으로 이동할 때를 의미한다.

(1) **벽을 밀고 있을 때(물체가 이동하지 않을 때)** 벽이 움직이지 않았으므로 밀고 있는 사람이 한 일은 0이다. $W=Fs$에서 $s$가 0이므로 $W$도 0이다.

(2) **역기를 들고 가만히 서 있을 때(물체가 이동하지 않을 때)** 역기를 들고 가만히 서 있을 때 사람이 한 일은 0이다. 하지만 역기를 들고 있는 손을 놓으면 역기는 땅으로 떨어지는데, 이때에는 중력이 역기에 대해 일을 하고 일의 양은 0이 아니다.

(3) **가방을 들고 수평으로 걸어갈 때(물체가 힘의 방향과 수직으로 이동할 때)** 가방을 들고 걸어갈 때 가방을 드는 손의 힘이 한 일은 0이다. 그러나 사람의 발이 한 일은 0이 아니다. 물체를 이동시키는 방향으로 일을 직접 하였기 때문이다. 그러므로 사람이 가방을 들고 갈 때 한 일은 0이라고 하면 잘못된 표현이고, 사람의 손이 한 일은 0이라고 하는 것이 정확한 표현이다.

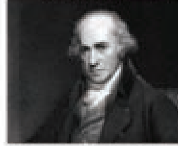
## 일률

영우는 높이가 5 m인 곳까지 100개의 벽돌을 옮기는 일을 하려고 한다. 이때 영우가 벽돌을 옮기는 경우보다 지게차를 이용하여 벽돌을 한 번에 옮기면 더 짧은 시간 안에 일을 할 수 있다. 즉, 일의 양은 같지만 일을 하는 빠르기는 달라진다.

일을 하는 빠르기, 즉 일의 효율은 어떻게 비교하면 좋을까?



그림 Ⅵ-8 일의 효율



와트 (Watt, J. : 1736~1819)

영국의 기계 기술자로서 증기 기관을 발명하였다. 일률의 단위 W는 그의 이름에서 따온 것이다.

같은 시간에 일을 많이 하거나, 같은 양의 일을 짧은 시간에 할 수 있으면 일을 하는 효율이 높은 것이다. 이때 일의 효율을 **일률**이라고 하며, 단위 시간당 한 일의 양으로 구한다.

일률의 단위는 **W(와트)**를 사용하는데, 1 W는 1초 동안 1 J의 일을 할 때의 일률이다.

$$일률(P) = \frac{일의\ 양(W)}{걸린\ 시간(t)}$$

1 W
1 W=1 J/s

**수학 적용하기** 일과 일률 (창의 · 인성)

[문제] 혜진이는 책상에 수평 방향으로 40 N의 힘을 작용하여 책상을 4초 동안 3 m 밀고 갔다. 혜진이가 책상에 한 일의 일률은 얼마인가?

[해결]
- 주어진 조건: 책상에 작용한 힘은 40 N, 힘이 작용한 방향으로 이동한 거리는 3 m, 일을 하는 데 걸린 시간은 4초이다.
- 알고 있는 것: 일 = 힘 × 이동 거리, 일률 = $\frac{일의\ 양}{걸린\ 시간}$
- 문제 해결 과정
  혜진이가 책상에 한 일은 40 N × 3 m = 120 J이다.
  혜진이의 일률은 $\frac{120\ J}{4\ s}$ = 30 W이다.

1. 일과 역학적 에너지 309

### 관련 지식

❀ **일률을 높이기 위한 노력**

일률을 높이기 위하여 사람들은 도구를 개발하고 전기 에너지나 열기관을 사용한다. 다른 동물들은 도구나 전기 에너지, 열에너지 등을 효과적으로 사용할 수 없기 때문에 인간에 비해 일률이 현저히 낮다.

도구를 사용하면 하기 힘든 일을 쉽게 할 수 있고 같은 일을 하더라도 일률을 높게 할 수 있다. 건축물을 지을 때에도 사람들은 여러 가지 도구와 에너지원을 사용하여 일률을 높인다.




❀ **전력과 마력**

(1) **전력** 전기적 일의 능률로, 전기가 하는 일률을 전력이라고 하며, 단위는 W(와트)를 사용한다.

(2) **마력** 마력은 일률의 단위로, 1마리의 말이 1초 동안 하는 일을 뜻한다.

① 1마력: 약 746 W로, 물체에 746 N의 힘을 가하여 거리 1 m만큼 이동시키는 일을 1초 동안 할 수 있다는 뜻이다.

② 승용차 중에서 대형차는 3,000 cc 엔진으로 약 270마력의 일률을, 경차는 1,000 cc 엔진으로 약 80마력의 일률을 감당할 수 있다. 일률의 단위로 W를 사용하는 것이 좀 더 표준에 가깝지만 자동차의 일률을 나타낼 때에는 관습에 의해 마력을 사용하기도 한다.

**참고 자료** 물리량의 기호와 단위

우리가 배우는 물리량의 기호와 단위를 정리하여 보면 다음과 같다.

| 물리량 | 기호 | 기호의 유래 | 단위 |
|---|---|---|---|
| 이동 거리 | $d$, $s$ | distance에서 d, straight line에서 s를 따와서 기호로 사용한다. | cm, m, km |
| 속력 | $v$ | velocity에서 v를 따와서 기호로 사용한다. | cm/s, m/s, km/h |
| 힘 | $F$ | force에서 F를 따와서 기호로 사용한다. | N, kgf |
| 일 | $W$ | work에서 W를 따와서 기호로 사용한다. | J |
| 에너지 | $E$ | energy에서 E를 따와서 기호로 사용한다. | J |
| 일률 | $P$ | power에서 P를 따와서 기호로 사용한다. | W, 마력 |




❀ **힘의 방향과 이동 방향이 수직일 때**

힘의 방향과 이동 방향이 수직일 때는 힘의 방향으로 이동한 거리가 없으므로 한 일이 0이다.

- 쥐불놀이: 불이 든 깡통에 작용하는 힘의 방향과 이동 방향이 수직
- 인공위성: 인공위성에 작용하는 중력과 운동 방향이 수직

**잠깐 체크**

일을 할 수 있는 능력을 에너지라고 한다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

일률

▶ **개념 응용하기**

영수가 한 일은 가한 힘과 이동한 거리의 곱으로 구할 수 있다.

한 일의 양 $= 20\,\mathrm{N} \times 1\,\mathrm{m} = 20\,\mathrm{N \cdot m}$

$= 20\,\mathrm{J}$

▶ **생활 속 문제 해결하기**

집 안에서 일정한 시간에 많은 일을 하거나 같은 양의 일을 짧은 시간 동안 할 수 있도록 도와주는 도구들의 예로는 다음과 같은 것들이 있다.

• 바퀴: 마찰을 줄여 많은 짐을 한번에 옮길 수 있다.



❸ 바퀴의 이용 예(카트)

• 전동 드릴을 비롯한 각종 전기 기구들: 전동기를 이용하여 사람의 힘으로 물체를 움직이는 것이 불가능하거나 많은 시간이 필요한 일을 쉽게 할 수 있다.

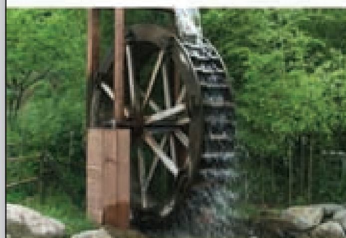


❸ 전동 드릴

• 지레의 원리를 이용한 도구들: 펜치나 드라이버 손잡이, 문 손잡이 등은 모두 일의 능률을 높이기 위한 도구이다.



❸ 문 손잡이



❸ 그림 Ⅵ-9 떨어지는 물은 물레방아를 돌리는 일을 할 수 있다.



❸ 그림 Ⅵ-10 바람은 풍차의 날개를 돌리는 일을 할 수 있다.



❸ 그림 Ⅵ-11 전기는 엘리베이터를 움직이는 일을 할 수 있다.

### 일과 에너지

높은 곳에 있는 물은 떨어지면서 물레방아를 돌리는 일을 할 수 있고, 바람은 바람개비를 돌리는 일을 할 수 있다. 이처럼 일을 할 수 있는 능력을 **에너지**라고 하며, 에너지를 가진 물체는 일을 할 수 있다. 에너지를 가지고 일을 하는 예는 주변에서도 쉽게 찾아볼 수 있다. 예를 들어 전기 에너지는 엘리베이터를 움직이는 일을, 자동차 연료의 화학 에너지는 자동차를 달리게 하는 일을 할 수 있다.

그렇다면 물체에 일을 하면 한 일은 어떻게 될까?

사람이 우물에서 물을 길어 올리는 일을 하면 물의 위치 에너지가 증가한다. 또 스키장에서 스키를 타고 내려오는 사람의 경우 중력이 사람에게 일을 하면 사람의 속력이 증가하면서 운동 에너지도 증가한다. 즉, 어떤 물체에 일을 하면 일은 그 물체에 에너지로 저장된다. 이와 같이 일과 에너지는 밀접한 관련이 있으며, 에너지가 있으면 일을 할 수 있고, 일은 에너지로 저장될 수 있다.

에너지의 단위는 일의 단위와 같은 J을 사용한다.

**잠깐 체크** 일을 할 수 있는 능력을 무엇이라고 하는가?



❸ 그림 Ⅵ-12 연료는 자동차를 달리게 하는 일을 할 수 있다.

**자기 주도 학습**

| 개념 확인하기 | 개념 응용하기 | 생활 속 문제 해결하기 |
| --- | --- | --- |
| 단위 시간당 한 일의 양을 무엇이라고 하는가? | 영수는 바닥에 있는, 무게 20 N인 가방을 들어서 높이 1 m인 책상 위로 올렸다. 영수가 한 일은 얼마인가? | 가정에서 사용하는 도구 중에서 일률을 크게 하기 위해 만들어진 것을 찾아보고, 그것이 어떻게 일률을 크게 하는지 설명해 보자. |

310 Ⅵ. 일과 에너지 전환

## 관련 지식

### ❀ 일-에너지 정리

외부에서 어떤 물체에 일을 하는 경우 그 물체의 유일한 변화가 속력의 변화라면 알짜힘이 한 일은 그 물체의 운동 에너지 변화량과 같으며, 이를 '일-에너지 정리'라고 한다.

> 한 일의 양=나중 운동 에너지−처음 운동 에너지=운동 에너지 변화량

일-에너지 정리에 의하면 가해진 일의 부호가 양(+)인 경우 물체의 속력이 증가하는데, 이는 나중 운동 에너지가 처음 운동 에너지보다 크기 때문이다. 일이 음(−)인 경우 나중 운동 에너지가 처음 운동 에너지보다 작기 때문에 속력이 감소한다(예 마찰력이 한 일).

물체에 해 준 일과 운동 에너지 변화량의 관계로부터 정지한 골프공을 골프채로 쳤을 때 그 일만큼 골프공이 운동 에너지를 갖게 되어 운동을 하게 됨을 알 수 있다. 또한 움직이는 물체의 경우 그 물체의 운동 에너지는 물체가 정지할 때까지 한 일과 같다. 망치로 벽에 못을 박는 순간을 생각해 보면, 운동하는 망치가 갖는 운동 에너지만큼의 일을 못에 해 줄 수 있다.

일-에너지 정리를 역학적 에너지에 국한하지 않고 임의의 에너지로 범위를 넓히면 작용한 힘이 한 일은 발생한 전체 에너지량과 같다고 할 수 있다.

STEAM 융합

# 바퀴의 발명


돌을 깎아 만든 바퀴


통나무를 잘라서 만든 바퀴

바퀴는 인류의 발명품 중에서 가장 중요한 것 중의 하나이다. 바퀴가 발명된 이후 거의 모든 산업 분야에서 일률은 크게 향상되었다.

최초의 바퀴는 기원전 3500년경에 수메르 인이 통으로 된 원반이나 나무판자를 사용한 것이었다. 이 발명품은 라인 강에서 유프라테스 강에 이르는 넓은 지역까지 매우 빠르게 확산되었다.

기원전 2000년경에 아시리아 인들은 속이 꽉 찬 무거운 바퀴 대신 오늘날의 바퀴처럼 가운데 부분을 파낸 바퀴를 발명하였다. 이들은 바퀴로 전차의 기동력을 높여 중동 지역을 누비고 다녔다. 이후 나무 바퀴의 마모를 줄이기 위해 바퀴의 바깥에 가죽이나 철판을 씌운 것이 등장하였다.

오늘날과 같이 공기가 채워진 고무 타이어는 1888년 아일랜드의 던롭이 자신의 아들이 자전거를 탈 때 진동이 심해서 불편을 겪는 것을 보고 이를 완화시키기 위하여 발명하였다. 이때부터 고무는 바퀴의 재료가 되었다. 현재 고무바퀴는 자동차와 같이 무거운 물체의 무게를 지탱하고 충격을 완화해 주는 등 우리의 생활에서 없어서는 안 될 중요한 물건이 되었다.

바퀴의 발명으로 수레나 자동차 등의 기구가 만들어졌으며 더 많은 양의 일을 훨씬 빠르게 할 수 있게 되었다.


바퀴살을 넣어 만든 바퀴


공기가 채워진 고무를 이용한 바퀴


오늘날 자동차의 바퀴

311

## 융합 STEAM

### ❀ 수레의 가치

수레는 축에 설치한 둥근 바퀴와 축의 회전 운동으로 사람이나 물건을 쉽게 운반해 주는 장치로서 인류의 삶을 가장 크게 변화시킨 발명품 중의 하나이다. 수레의 등장으로 인류는 물자의 교환을 빠르게 할 수 있게 되면서 상업이 크게 발전하였다. 또 수레는 사람들의 이동 시간을 줄여 줌에 따라 도시의 발달에도 큰 기여를 하였다. 인류는 수레를 더욱 잘 이용하기 위해 도로를 닦고 다리를 놓았다. 이에 따라 수레는 거대 국가의 건설에도 큰 역할을 하였다.

수레가 널리 사용된 대표적인 나라로는 로마가 있다. 로마는 대제국을 유지하기 위해 엄청난 도로를 만들었고, 이 도로를 통해 여러 가지 물자가 유통되었다. 그런데 중세 유럽에서는 수레가 널리 사용되지 못하였다. 이것은 소규모 단위의 봉건 사회에서 이웃과의 대규모 유통이 없었기 때문이다. 하지만 다시 왕권이 강화된 국가가 등장하는 근대 이후의 유럽에서는 수레가 크게 개선되어 자동차의 발명으로 이어졌다.

반면, 잉카나 마야 등과 같이 산맥 지역에 위치한 나라는 지리적인 약점과 소나 말과 같은 수레를 끌 가축이 부족한 환경 때문에 수레를 사용할 수 없었다. 따라서 이러한 나라들은 시간이 흐를수록 다른 나라들보다 발전이 뒤처지게 되었다.




## 역사 속의 과학

### ❀ 조선 시대에 수레를 잘 활용하지 못한 이유와 현재 상황

(1) **도로가 발달하지 못한 점** 한반도는 산과 계곡이 많아서 수레가 다닐 만한 도로가 발달하지 못하였다. 하지만 박지원은 수레를 사용하지 않으니 길을 닦지 않는 것이지 수레만 사용한다면 길은 저절로 닦일 것이라고 하였다.

(2) **수레 제작 기술의 낙후** 수레를 사용하지 않으니 수레 제작 기술이 단절되고 기술이 퇴보하였다.

(3) **소와 말의 부족** 고려 말에 고려는 원나라에게 많은 말들을 빼앗겼다. 또 원나라를 이은 명나라는 고려에서 3만 필의 말을 빼앗아 갔다. 조선도 무려 7만 필의 말을 명나라에 빼앗겼다.

명나라는 조선의 기병이 커지는 것을 막고, 자신들이 북방 민족과 싸울 때 필요한 말을 얻기 위해 조선에 과다하게 말을 요구하였다. 그 결과 조선 초기 국영 목장에 4만 필 정도 있었던 말이 조선 후기인 1870년에는 겨우 5,600필 정도로 줄어들었다. 소와 말이 부족하므로 수레를 끌 동력원이 없다 보니 조선에서는 수레 사용이 제한될 수밖에 없었다.

(4) **정부의 정책** 한성부, 공조, 병조 등 여러 관청에서 도로를 엄격하게 관리하도록 법으로 정해져 있었다. 하지만 이것은 잘 지켜지지 않았고 점차 도로를 수리하지 않았다. 이는 도로를 만들면 적이 쉽게 쳐들어온다는 소극적인 국방 정책과 교통 정책을 갖고 있었기 때문이다.

(5) **현재 상황** 현재 우리나라는 세계 5위 안에 드는 자동차 생산 강국으로 도로 건설 기술 및 자동차, 타이어 생산 기술이 뛰어나다. 이것은 국민과 국가가 그 중요성을 알고 기술 개발을 꾸준히 하였던 덕분이다.

# 1-2 일의 원리

## | 학습 내용 안내 |

(1) 지레, 도르래, 빗면 등 간단한 도구를 이용한 일의 원리를 이해한다.

(2) 도구를 유용하게 사용하는 예를 알고, 도구를 사용하는 이유를 이해한다.

## | 학습 전개 |

수원화성을 건축할 때 사용된 거중기의 역할을 통해 일을 할 때 도구를 사용하는 이유를 생각해 보게 한다.



실험을 통해 지레의 원리를 이해하고, 지레나 도르래 등을 사용할 때 일의 원리가 어떻게 적용되는지 이해하게 한다.



일상생활에서 도구를 사용하는 다양한 예를 찾고, 그 작동 원리를 알아보게 한다.



도구를 사용하는 이유를 설명하고, 힘과 일의 관계를 이해하게 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 도구를 사용하여 건축된 역사적 문화유산이나 도구를 사용하여 일을 한 사례들을 다양하게 제시한다.

2 실험을 통해 지레를 이용하여 일을 할 때 힘과 일의 관계를 정량적으로 파악할 수 있도록 지도한다. 이때 발생하는 오차의 원인에 대해서도 생각할 수 있도록 한다.

### 찾아보기

- 세계 문화 유산
  http://hs.suwon.ne.kr
- 수원화성 박물관
  http://hsmuseum.suwon.ne.kr

Ⅱ. 일과 에너지 전환

# 1-2 일의 원리

학습 목표

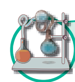
- 간단한 도구를 이용하여 일의 원리를 설명할 수 있다.
- 도구를 유용하게 사용하는 예를 말할 수 있다.

우리나라의 성곽 중 조선 정조 때 만들어진 수원화성은 매우 화려하면서 발전된 모양을 갖추고 있어서 1997년 유네스코 세계 문화유산으로 지정되었다. 수원화성을 지을 때에는 여러 가지 도구가 이용되었는데, 그중에서 정약용이 고안한 거중기는 여러 개의 도르래를 적절히 연결하여 작은 힘으로 무거운 물체를 들어 올릴 수 있는 도구로써 매우 유용하게 사용되었다.

수원화성의 축성에 관한 기록물 "화성성역의궤"에는 거중기에 대해 다음과 같이 기록하고 있다. "이미 시험해 본 것으로 말한다면 큰 돌 1개의 무게가 약 12,000근인데, 불과 30명밖에 안 되는 장정으로도 쉽게 들어 올릴 수 있다. 한 사람당 몫을 계산해 보면 약 400근의 무게가 된다."




수원화성



### 학습 자료실

### ❀ 수원화성

수원화성은 정조가 왕권을 강화하기 위해 아버지 사도 세자의 묘를 수원으로 옮기면서 건설되었다.

수원화성은 중국, 일본 등지에서 찾아볼 수 없는 평산성의 형태로, 둘레는 약 5.7 km, 성벽의 높이는 4~6 m 정도이다. 수원화성은 군사적 방어 기능과 상업적 기능을 함께 보유하고 있으며, 과학적이고 합리적이며 실용적인 구조로 되어 있어 동양 성곽의 백미라고 할 수 있다.

정조는 당시 30세인 실학자 다산 정약용에게 화성의 건설을 맡겨 1794년에 착공하여 1796년에 완공하였다. 처음에는 10년이 걸릴 것으로 예상하였던 공사가 이처럼 빨리 진행된 것은 거중기와 녹로 등 당시로서는 최신 기술이 이용되었기 때문이다.

축성 후 1801년에 발간된 「화성성역의궤」에는 화성의 형태는 물론 성을 쌓는 방법과 재료까지 자세히 기록으로 남아 있다. 예를 들어 성을 쌓으면서 만들었던 돌의 크기나 돌을 깎는 방법, 또 벽돌을 만드는 방법과 가마에서 굽는 방법 등 화성을 짓는 모든 과정을 누구나 알아보기 쉽게 글과 그림으로 자료를 남겼다. 따라서 수원화성은 건축사적인 가치뿐만 아니라 그 기록으로서의 역사적 가치도 큰 것으로 평가되고 있다.

당시의 1근은 오늘날의 질량으로 바꾸면 약 642 g으로, 400근이면 약 257 kg에 해당한다. 즉, 거중기라는 도구를 이용하여 한 사람당 약 257 kg의 물체를 들어 올린 것이다.

이처럼 옛날부터 사람들은 무거운 물체를 들어 올리거나 이동시키기 위해 도구를 사용하였다.

오늘날 우리 주변의 여러 곳에서도 도구를 사용하여 일을 하는 경우를 많이 볼 수 있는데, 이렇게 도구를 사용하는 이유는 무엇일까?



정약용의 거중기





## 과학 돋보기

### ❀ 수원화성 건축에 사용된 도구

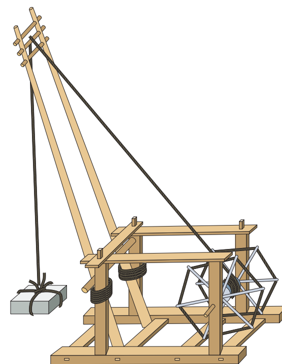
(1) **거중기** 거중기는 평평한 땅에 기계를 놓고 위쪽에 4개, 아래쪽에 4개의 도르래를 연결하고 아래쪽 도르래에 물체를 매다는 구조로 되어 있다. 그리고 도르래의 양쪽을 잡아당길 수 있는 밧줄을 쉽게 당기기 위해 물레가 장치되어 있는데, 물레를 감아 돌리면 도르래에 연결된 줄을 통해 물체가 위로 들어 올려진다.

거중기의 가장 큰 특징은 고정 도르래와 움직 도르래를 결합한 복합 도르래를 구성한 것인데, 움직 도르래는 1개 늘어날 때마다 필요한 힘을 반으로 줄여 준다.

거중기 덕분에 화성을 건설하는 동안 경비를 크게 절약하였고, 적은 수의 인원으로 무거운 물체를 수월하게 다루어서 사고율을 대폭 줄일 수 있었다. 수원화성의 건설에 사용된 거중기는 모두 11대였다.

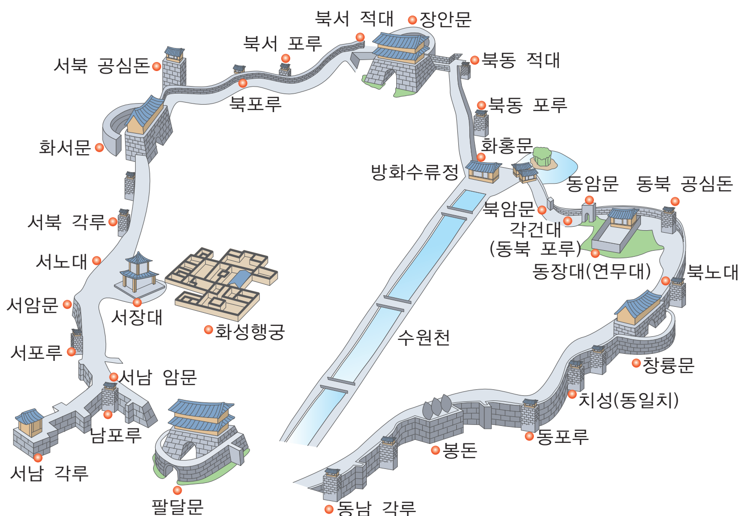
(2) **녹로** 거중기를 효율적으로 사용할 목적으로 만들어졌다. 긴 장대 끝에 도르래를 달고 줄을 물레에 연결하여 줄을 감으면서 돌을 높이 들어 올리는 구조로 되어 있으며, 높이는 약 11 m이다.

수원화성을 지을 때 두 대를 만들었다고 하는데, 「화성성역의궤」에 의하면 틀의 크기는 세로 15척, 높이 10척이고 간목의 길이가 35척이었다. 여덟 사람이 둘로 나뉘어 얼레를 좌우에서 돌려 물건을 들어 올리고 적당한 높이에서 줄 갈고리로 끌어서 원하는 자리로 옮긴 다음 다시 얼레를 늦추어 물건을 내리도록 고안되었다고 한다.



▲ 녹로

**+ 참고 자료** 수원화성 지도



## 과학 자료실

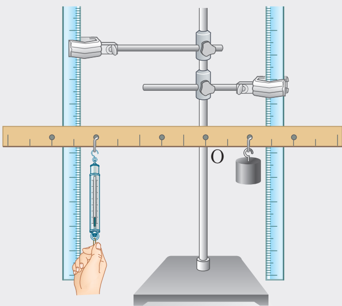
### ❀ 지레를 사용할 수 있는 조건을 모두 갖춘다면 정말 지구를 들 수 있을까?

예를 들어 질량 60 kg인 물체를 들 수 있는 사람이 질량이 약 $6\times10^{24}$ kg인 지구를 1 cm 들어 올린다고 하면, 지렛대의 짧은 팔보다 $1\times10^{23}$배 더 길고 튼튼한 막대와 받침점이 되어 줄 천체가 필요하다. 이때 지레를 눌러야 하는 거리는 무려 $1\times10^{18}$ km나 된다. 이 거리를 움직이려면 빛의 속도인 초속 30만 km로도 10만 년 이상의 긴 시간이 걸린다. 결국 지구를 들어 올리는 것은 불가능하다.



### 이런 실험도 가능해요! 수평잡기 지레

**|과정|**




(1) 추와 용수철 저울의 무게를 각각 측정하고 받침점에서 첫 번째 구멍에 추를 달고 반대쪽 첫 번째 구멍에 용수철 저울을 건다.

(2) 막대자가 수평인 상태에서 용수철 저울을 아래로 당겨 추가 5 cm 올라갈 때 당기는 힘과 용수철 저울이 내려간 거리를 측정한다.

(3) 두 번째, 세 번째 구멍에 각각 용수철 저울을 건 다음 과정 (2)를 반복한다.

**|결과|**

1 용수철 저울에서 받침점까지의 거리가 멀수록 저울을 당기는 힘은 작아지고, 저울을 당기는 거리는 길어진다.

2 용수철 저울을 당기는 힘이 한 일의 양은 용수철 저울에서 받침점까지의 거리와 관계없이 일정하다.

**지레**

B. C. 3세기에 아르키메데스는 "나에게 충분히 긴 지렛대와 받침대를 준다면 지구도 들 수 있다."라고 하였다. 이 말은 지레를 이용하면 작은 힘으로도 매우 무거운 물체를 들거나 움직이게 할 수 있다는 것을 비유한 것이다. 지레를 사용하여 일을 하면 직접 일을 할 때와 어떤 점이 다른지 알아보자.

**탐구 활동** 지레를 이용한 일의 원리

**목표**
지레를 이용하여 물체를 움직일 때, 작용하는 힘과 한 일의 관계를 설명할 수 있다.

**준비물**
5 cm 간격으로 홈이 파인 나무 막대(50 cm), 받침대, 0.5 kg 추, 누름 용수철 저울, 용수철 저울, 자, 조각칼

**유의점**
1. 나무 막대는 가급적 가볍고, 얇은 것을 사용한다.
2. 누름 용수철 저울로 지레를 누를 때에는 처음 눌렀던 곳을 계속 눌러야 한다.

**과정**

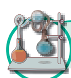
❶ 용수철 저울에 0.5 kg의 추를 매달고 추의 무게를 측정한다.

❷ 나무 막대의 한쪽 끝에 0.5 kg의 추를 고정시키고 첫 번째 홈에 받침대가 놓이도록 한 후 자로 나무 막대의 오른쪽 끝부분(A)의 높이를 잰다.

❸ 지레가 수평이 될 때까지 누름 용수철 저울로 A 부분을 누른다. 수평이 되었을 때 누름 용수철 저울의 눈금을 읽고, A 부분이 움직인 거리와 추가 올라간 거리를 측정한다.

❹ 받침대를 다른 홈으로 옮겨 추와 받침대 사이의 거리를 변화시키면서 위의 실험을 반복한다.

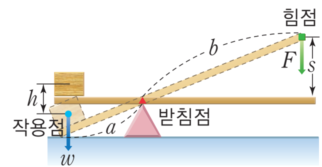
314 Ⅱ. 일과 에너지 전환



## 학습 자료실

### ❀ 지레

(1) **지레** 힘점, 받침점, 작용점으로 이루어져 있으며, 지레를 이용하면 작용하는 힘의 크기나 힘의 방향을 바꿀 수 있다. 힘점이 받침점에서 멀수록, 작용점이 받침점에 가까울수록 작은 힘으로 일을 할 수 있다.




$a$: 받침점과 작용점 사이의 거리
$b$: 받침점과 힘점 사이의 거리

(2) **지레가 물체에 한 일과 사람이 지레에 한 일**

| 구분 | 힘 | 이동 거리 | 일 |
|---|---|---|---|
| 지레가 물체에 한 일 | $w$ | $h$ | $W=wh$ |
| 사람이 지레에 한 일 | $F=w\times\frac{a}{b}$ | $s=h\times\frac{b}{a}$ | $W=Fs=\left(w\times\frac{a}{b}\right)\times\left(h\times\frac{b}{a}\right)=wh$ |

(3) **일의 원리** 지레를 사용하면 힘에는 이득이 있지만 힘을 작용해야 하는 거리가 증가하므로 일에는 이득이 없다. 즉, 지레를 사용할 때 한 일의 양은 직접 들어 올릴 때 한 일의 양과 같다.

탐구 도우미
측정한 값을 표에 기록할 때에는 cm 단위를 m 단위로 바꾸어 기록한다.

결과

1 실험 과정을 바탕으로 하여 다음을 완성해 보자.

• 추의 무게: (　　)N

| 추와 받침대 사이의 거리(m) | 0.05 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.25 |
|---|---|---|---|---|---|
| 추가 올라간 거리(m) | | | | | |
| 추가 받은 일(J) | | | | | |
| 누름 용수철 저울의 눈금(N) | | | | | |
| 지레의 A 부분이 움직인 거리(m) | | | | | |
| 누름 용수철 저울로 한 일(J) | | | | | |

2 추와 받침대 사이의 거리가 멀수록 지레를 누르는 힘의 크기는 어떻게 달라질까?

3 추와 받침대 사이의 거리가 멀수록 지레의 A 부분이 이동하는 거리는 어떻게 달라질까?



해석 창의·인성

1 추를 들어 올릴 때 지레를 이용하는 경우와 사람이 직접 같은 높이까지 들어 올리는 경우에 한 일의 양을 비교해 보자.

2 지레를 이용하여 일을 할 때 좋은 점은 무엇인지 생각해 보자.

지레에는 힘이 직접 작용하는 **힘점**, 지레의 한 부분을 움직이지 않도록 고정시켜 주는 **받침점**, 지레가 물체에 작용하는 **작용점**이 있다. 지레를 이용하여 일을 할 때 받침점으로부터 힘점까지의 거리가 멀수록 작은 힘으로 물체를 들어 올릴 수 있지만 지레의 이동 거리는 길어진다. 이와 같은 지레의 원리를 식으로 나타내면 다음과 같다.

물체의 무게($w$) × 높이($h$)
= 손으로 누르는 힘($F$) × 손으로 누른 거리($s$)






더 자세히

받침점과 작용점 사이의 거리를 $a$, 받침점과 힘점 사이의 거리를 $b$라고 하면 다음의 관계식이 성립한다.

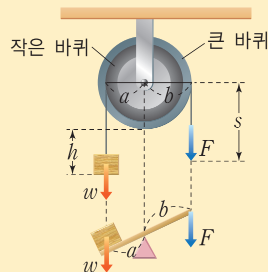
$w \times a = F \times b$

그림 Ⅵ-13 지레의 원리

1. 일과 역학적 에너지 315

## 심화 학습 축바퀴

축바퀴는 지레의 원리를 이용한 도구로, 반지름의 차이를 이용하여 힘의 이득을 얻는다.




(1) **작용한 힘** 힘의 이득을 얻을 수 있다. ➡ $F=w\times\dfrac{a}{b}$

(2) **당기는 줄의 길이** 물체를 $h$만큼 들어 올리기 위해 당겨야 하는 줄의 길이 $s$는 더 길어진다.

$2\pi a : 2\pi b = h : s$ ➡ $s = h\times\dfrac{b}{a}$

(3) **일** 물체를 직접 들어 올릴 때 한 일의 양과 같다.

$W=F\times s=\left(w\times\dfrac{a}{b}\right)\times\left(h\times\dfrac{b}{a}\right)$
$=wh$

(4) **응용 도구** 여닫이문의 손잡이, 자동차 핸들, 수도꼭지, 드라이버 등

## 탐구 활동 실험

### 목표

지레를 이용하여 물체를 움직일 때 작용하는 힘과 한 일의 관계를 설명할 수 있다.

### 결과(예시)

1 • 추의 질량: 0.5 kg, 추의 무게: $w=mg=0.5\times9.8=4.9$ N≒5 N
• 나무 막대의 길이: 0.5 m
• 힘이나 거리를 측정할 때 오차가 발생할 수 있다.

| 추와 받침대 사이의 거리(m) | 0.05 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.25 |
|---|---|---|---|---|---|
| 추가 올라간 거리(m) | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 추가 받은 일(J) | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 누름 용수철 저울의 눈금(N) | 0.6 | 1.3 | 2.1 | 3.3 | 5.0 |
| 지레의 A 부분이 움직인 거리(m) | 0.45 | 0.2 | 0.12 | 0.08 | 0.05 |
| 누름 용수철 저울로 한 일(J) | 0.27 | 0.26 | 0.25 | 0.26 | 0.25 |

2 추와 받침대 사이의 거리가 멀수록 지레를 누르는 힘의 크기는 커진다.

3 추와 받침대 사이의 거리가 멀수록 지레의 이동 거리는 짧아진다.

### 해석 | 창의·인성

1 추를 들어 올릴 때 지레를 이용하는 경우, 지레를 누르는 힘의 크기는 작아지지만 지레를 이동시켜야 하는 거리는 길어지므로 지레를 이용하여 하는 일의 양은 사람이 직접 물체를 들어 올리는 경우와 같다.

2 무거운 물체를 들어 올릴 때 지레를 이용하면 물체의 무게보다 작은 힘으로 일을 할 수 있다. 즉, 힘의 이득을 얻을 수 있다는 장점이 있다.

※ 질문을 통해 학생들이 창의·인성을 키울 수 있도록 지도한다.

## 보충 학습 지레와 에너지 보존

지레를 사용하더라도 힘의 이득은 볼 수 있지만 일에는 이득을 볼 수 없다. 만약 지레를 사용하여 공급된 일보다 많은 일을 한다면 이는 에너지 보존 법칙에 위배된다. 이와 같이 어떤 기계나 도구도 공급된 일보다 많은 일을 할 수는 없다.

### 잠깐 체크

받침점과 작용점 사이의 거리를 $x$라고 하면 $400\ \mathrm{N} \times x = 100\ \mathrm{N} \times 50\ \mathrm{cm}$에서 $x = 12.5\ \mathrm{cm}$이다.

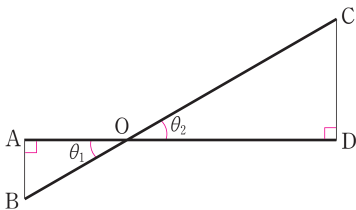
## 관련 지식

### ❀ 삼각형의 닮음 조건

두 삼각형 △ABO와 △CDO에서 각 $\theta_1$과 $\theta_2$는 엇각으로 서로 같고, ∠BAO와 ∠CDO는 직각으로 서로 같으므로 결국 세 각이 같다. 따라서 두 삼각형은 서로 닮음이다.

닮음인 두 삼각형에서는 대응하는 두 선분의 비가 항상 같으므로 다음과 같다.

$$\mathrm{AO} : \mathrm{DO} = \mathrm{AB} : \mathrm{CD}$$

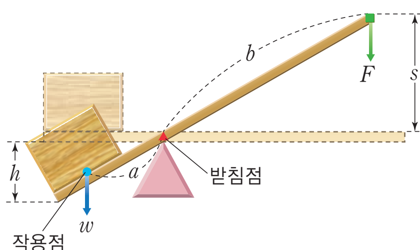



❷ 두 삼각형의 닮음

### ❀ 지레에서 삼각형의 닮음 조건

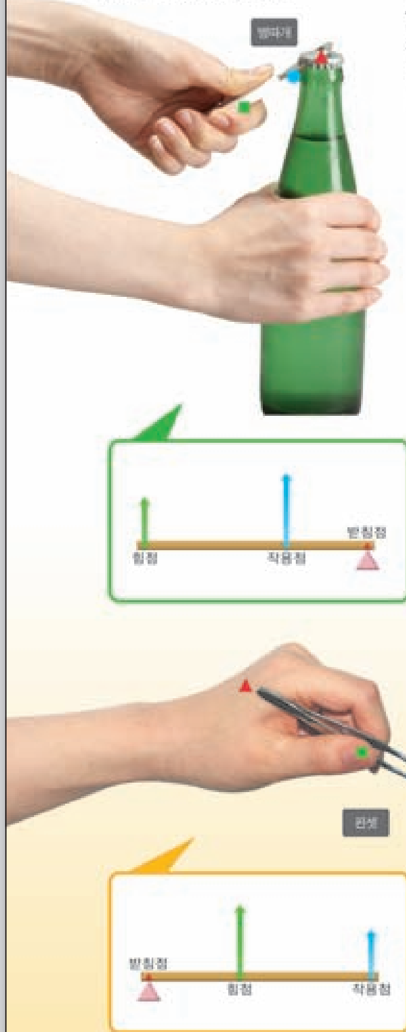
지레에서는 삼각형의 닮음 조건에 의해 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$a : b = h : s$$




❷ 지레의 원리

❶ 그림 Ⅵ-14 여러 가지 지레의 이용




지레를 이용하면 더 작은 힘으로 일을 할 수 있다. 하지만 작은 힘으로 일을 하는 만큼 이동 거리가 늘어나므로 결국 한 일의 양은 물체를 직접 들어 올릴 때 한 일의 양과 같다. 이와 같이 도구를 이용하면 더 작은 힘으로 일을 할 수 있지만 도구를 이용할 때나 이용하지 않을 때나 힘이 한 일의 양은 같은데, 이를 **일의 원리**라고 한다.

지레의 원리는 일상생활에서 다양하게 이용되며 지레는 받침점, 힘점 및 작용점의 위치에 따라 여러 종류가 있다.

예를 들어 가위나 장도리는 받침점이 힘점과 작용점 사이에 있으며, 병따개나 외발 손수레는 작용점이 힘점과 받침점 사이에 있다. 또한 핀셋이나 젓가락은 힘점이 받침점과 작용점 사이에 있는데, 이러한 지레는 힘의 이득은 없지만 힘점을 조금만 움직여도 작용점의 이동 거리가 커지는 특징이 있다.

**잠깐 체크** 지레를 사용하여 무게 400 N의 물체를 100 N의 힘으로 들어 올리고자 한다. 받침점과 힘점 사이의 거리가 50 cm일 때 받침점과 작용점 사이의 거리는 몇 cm여야 하는가?

316 Ⅵ. 일과 에너지 전환

## 과학 돋보기



### ❀ 지레의 종류

지레는 받침점, 작용점, 힘점의 위치에 따라 세 종류로 구분된다.

(1) **1종 지레** 힘점과 작용점 사이에 받침점이 있으며, 일을 할 때에는 받침점의 위치에 따라 힘의 크기가 달라진다.

예 가위, 장도리, 삽, 노, 대저울, 시소, 펜치, 펌프 등

(2) **2종 지레** 받침점과 힘점 사이에 작용점이 있으며, 일을 할 때 힘이 덜 든다.

예 병따개, 절삭기, 손수레 등

(3) **3종 지레** 받침점과 작용점 사이에 힘점이 있으며, 일을 할 때 힘이 더 든다. 주로 세밀한 작업이나 물건을 멀리 옮기기 위해 사용한다. 예를 들어, 낚싯대는 받침점으로부터 작용점까지의 거리가 힘점까지의 거리보다 더 멀어 물고기의 무게보다 더 큰 힘을 작용해야 한다. 그러나 낚싯대를 조금만 움직여도 물고기를 많이 이동시킬 수 있으므로 잡은 물고기를 쉽게 물 밖으로 옮길 수 있다.

예 핀셋, 젓가락, 낚싯대, 족집게, 쪽가위 등

**도르래**

다리나 빌딩을 건축할 때 사용하는 기중기는 무거운 물체를 높은 곳까지 들어 올리거나 내려놓는 일을 한다. 이러한 기중기에는 도르래가 설치되어 있다.

도르래는 줄을 걸어 힘을 전달할 때 이용되는 도구로서, 한 지점에 고정하여 사용하는 **고정 도르래**와 물체와 함께 움직이면서 사용하는 **움직 도르래**가 있다.

고정 도르래를 이용하여 물체를 들어 올리려면 물체의 무게와 같은 크기의 힘으로 줄을 당겨야 하므로 힘의 이득은 없다. 하지만 힘을 가하기 편한 방향으로 도르래의 줄을 당길 수 있는 이점이 있다.

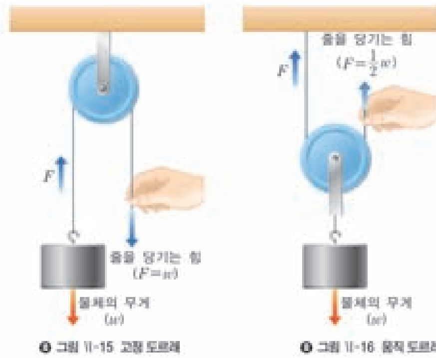


그림 II-15 고정 도르래

그림 II-16 움직 도르래

움직 도르래 한 개를 이용하면 물체의 무게가 도르래에 걸쳐진 양쪽 줄에 나누어지므로 물체 무게의 절반에 해당하는 힘으로 물체를 들어 올릴 수 있다. 즉, 도르래의 양쪽 줄에 같은 크기의 힘이 작용하므로, 한 줄에 작용해야 하는 힘은 물체 무게의 $\frac{1}{2}$이 된다. 대신에 당겨야 하는 줄의 길이는 물체가 올라가는 높이의 2배가 되므로 결국 물체를 들어 올리는 데 드는 일의 양은 직접 들어 올릴 때와 같다. 즉, 도르래를 이용하는 경우에도 **일의 원리**가 적용된다.

만일 움직 도르래를 여러 개 사용하면 더 작은 힘으로 일을 할 수 있지만, 그 힘이 하는 일의 양은 직접 들어 올릴 때와 같다.

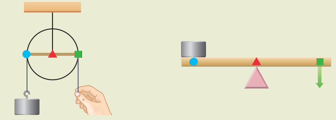
그림 II-17 기중기



**잠깐 확인** 움직 도르래 한 개를 사용하여 물체를 들어 올리기 위해 줄을 당겨야 하는 힘은 물체 무게의 몇 배인가?

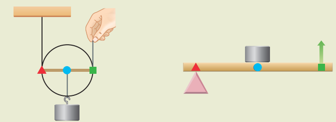
## 보충 학습 도르래에 적용된 지레의 원리

(1) **고정 도르래** 고정 도르래는 받침점으로부터 작용점과 힘점이 각각 같은 거리만큼 떨어져 있는 지레로서 힘의 이득을 볼 수 없다.



고정 도르래와 지레

(2) **움직 도르래** 움직 도르래는 받침점과 힘점 사이의 거리가 받침점과 작용점 사이의 거리의 2배이므로 물체 무게의 $\frac{1}{2}$의 힘으로 물체를 들어 올릴 수 있다.



움직 도르래와 지레

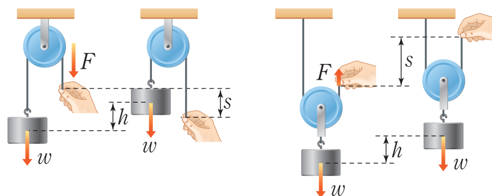
**잠깐 체크**

움직 도르래 한 개를 사용하여 물체를 들어 올리는 경우, 줄에 작용하는 힘은 물체 무게의 $\frac{1}{2}$배이다.

## 학습 자료실

### 도르래

(1) 고정 도르래를 사용하면 힘의 방향을 바꿀 수 있고, 움직 도르래를 사용하면 물체의 무게보다 $\frac{1}{2}$배 작은 힘으로 물체를 들어 올릴 수 있다.



고정 도르래　　움직 도르래

(2) **도르래를 사용하여 한 일**

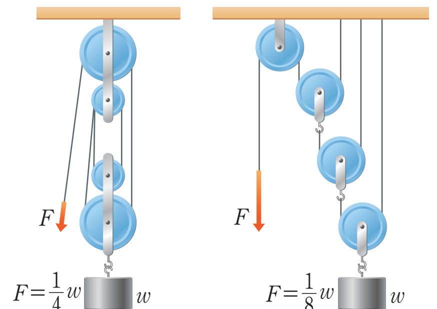
| 구분 | 힘 | 이동 거리 | 일 |
|---|---|---|---|
| 고정 도르래 | $w$ | $h$ | $W=wh$ |
| 움직 도르래 | $F=\frac{1}{2}w$ | $s=2h$ | $W=Fs=\frac{1}{2}w\times 2h=wh$ |

(3) **일의 원리** 도르래를 사용할 때 한 일의 양은 직접 들어 올릴 때 한 일의 양과 같다.

## 관련 지식

### 복합 도르래

고정 도르래와 움직 도르래를 결합하여 만든 도르래로서 움직 도르래 한 개가 추가될 때마다 힘이 $\frac{1}{2}$배씩 줄어든다.



복합 도르래

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

지레, 빗면, 도르래와 같은 도구를 사용하는 이유는 같은 양의 일을 할 때 일의 일률을 높이기 위해서이다.

▶ **생활 속 문제 해결하기**

여닫이문은 손잡이가 회전축으로부터 멀리 떨어져 있을수록 작은 힘으로 문을 열고 닫을 수 있다. 즉, 여닫이문의 손잡이는 일의 원리를 이용한 것이다.

▶ **과학과 기술 연관 짓기**

자전거의 앞뒤 변속기는 변속 레버를 이용하여 사슬 톱니에 놓인 사슬의 위치를 바꾸어 주는 원리로 작동한다.

앞 변속기(페달이 달려 있는 부분)에는 사슬이 걸리는 톱니가 작을수록 작은 힘으로 자전거를 구동시킬 수 있으며, 뒤 변속기에는 사슬이 걸리는 톱니가 클수록 작은 힘으로 구동시킬 수 있다.

보통 오르막길을 주행할 때 앞 변속기는 작은 톱니에, 뒤 변속기는 큰 톱니에 사슬을 걸어 준다. 이렇게 하면 속도는 느리지만 작은 힘으로도 경사면을 오를 수 있다. 이때 사슬이 회전한 거리는 길어지므로 일의 원리가 적용된다.



자전거 변속기의 구조

## 관련 지식

### 빗면의 이용

빗면의 길이는 높이보다 항상 크기 때문에 빗면을 이용하면 물체의 무게보다 작은 힘으로 물체를 끌어올릴 수 있다. 이때 경사각이 작을수록 빗면의 길이가 길기 때문에 힘이 덜 든다.

계단은 빗면을 이용하는 대표적인 예이고, 고대 피라미드를 쌓아올릴 때에도 빗면을 이용하여 무거운 돌을 옮겼다고 한다.

**빗면**

높이가 140 m가 넘는 고대 이집트 쿠푸 왕의 피라미드는 평균 무게가 2.5톤인 돌 약 230만 개로 이루어져 있다. 기계가 없던 시절 이집트 인들은 이렇게 무거운 돌을 어떻게 쌓아올렸을까? 과학자들은 이 불가사의한 일에 대해 빗면을 이용했을 것으로 추측하고 있다.

물체를 높은 곳으로 옮기는 경우 빗면을 이용하면 직접 들어 올리는 것보다 더 작은 힘으로 일을 할 수 있다. 이때 빗면의 경사가 완만할수록 물체를 이동시키는 데 필요한 힘의 크기는 작아지지만 물체를 이동시켜야 하는 거리는 길어진다. 따라서 빗면에서도 일의 원리가 적용되어 힘은 적게 들지만 한 일의 양에는 이득이 없다.

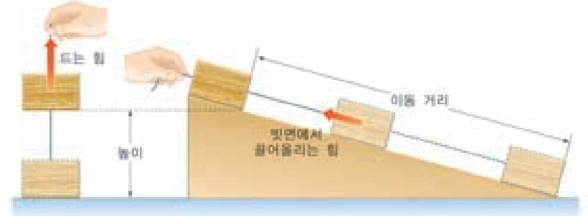



그림 II-18 빗면의 원리_드는 힘 × 높이 = 빗면에서 끌어올리는 힘 × 이동 거리

빗면의 원리는 우리 일상생활에서 다양하게 이용된다. 예를 들어, 높은 산마루를 넘어가는 도로가 꼬불꼬불한 것도 기울기를 작게 하여 오르는 데 드는 힘을 적게 하기 위한 것이다. 그 밖에 계단, 나사 못 등도 빗면의 원리가 적용된 예이다.



그림 II-19 꼬불꼬불한 산길



그림 II-20 계단



그림 II-21 나사 못

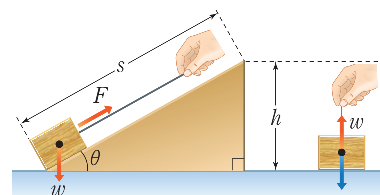
| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술 연관 짓기 |
|---|---|---|---|
| | 지레, 빗면, 도르래 등의 도구를 사용하는 이유는 무엇인가? | 여닫이문의 손잡이가 회전축으로부터 멀리 떨어져 있는 이유는 무엇인지 생각해 보자. | 변속 장치가 달린 자전거에서 일의 원리가 어떻게 적용되는지 알아보자. |

318 II. 일과 에너지 전환




### 빗면

(1) 빗면을 이용하면 작은 힘으로 높은 곳까지 물체를 옮길 수 있다.




빗면의 경사각을 $\theta$라고 하면 물체를 옮기기 위해 작용해야 하는 힘은 다음과 같다.

$$F=w\times\frac{h}{s}=w\sin\theta$$

(2) **물체를 직접 들어 올릴 때 한 일과 빗면을 사용하여 한 일**

| 구분 | 힘 | 이동 거리 | 일 |
|---|---|---|---|
| 직접 들어 올릴 때 한 일 | $w$ | $h$ | $W=wh$ |
| 빗면을 이용하여 한 일 | $F=w\times\frac{h}{s}$ | $s$ | $W=Fs=\left(w\times\frac{h}{s}\right)\times s=wh$ |

(3) **일의 원리**  빗면을 이용할 때 한 일의 양은 직접 들어 올릴 때 한 일의 양과 같다.

보충·심화

# 우리 몸에 숨겨진 지레

지레는 작은 힘으로도 큰 힘의 효과를 낼 수 있는 도구이다. 지레의 기본 원리는 받침점과 힘점 사이의 거리와 받침점과 작용점 사이의 거리를 조절하여 작은 힘으로 무거운 물체를 들어 올리는 것이다. 지레의 원리는 우리 몸에서도 찾아볼 수 있다.

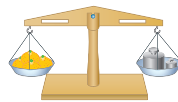
무거운 물체를 들어 올릴 때 움직이는 팔이나 걸을 때 몸을 들어 올릴 수 있는 발목 또는 음식을 씹을 때의 턱관절에는 지레의 원리가 숨어 있다.

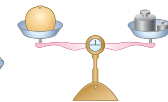




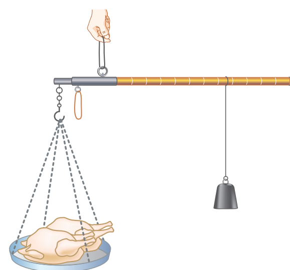

## 참고 자료 지레의 원리를 이용한 저울

(1) **양팔 저울(천칭이나 윗접시 저울)** 중앙을 받침점으로 하고 양쪽의 똑같은 위치에 접시를 매달거나 올려놓은 것이다. 한쪽 접시에는 측정하고자 하는 물체를, 다른 쪽에는 추를 올려놓는다. 지레가 수평을 이루었을 때 추의 질량이 물체의 질량이다.


▲ 천칭


▲ 윗접시 저울

(2) **대저울** 무겁거나 부피가 큰 물체의 질량을 측정하기 위한 저울이다. 받침점에 가까운 곳에 물체를 매단다. 반대쪽에는 추를 걸고 위치를 조정하여 지레가 평형을 이루는 지점을 찾는 방법으로 물체의 질량을 측정한다. 대저울을 이용하면 작은 추로도 무거운 물체의 질량을 쉽게 측정할 수 있는 장점이 있다.


▲ 대저울

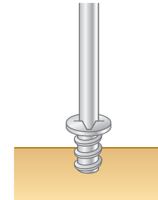
## 과학 자료실

### 빗면을 이용한 도구

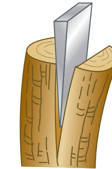
(1) **나사 못** 비스듬한 홈을 이용하여 나사 못을 쉽게 돌려 박을 수 있다.

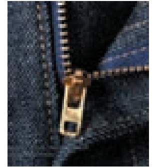
(2) **병뚜껑** 비스듬한 홈이 있는 병 입구에 병뚜껑을 돌려서 쉽게 열고 닫을 수 있다.

(3) **쐐기와 지퍼** 쐐기는 경사면을 이용하여 작은 힘으로 나무 사이를 벌릴 수 있다. 지퍼는 슬라이드 안에 있는 쐐기에 의해 슬라이드를 움직이는 작은 힘을 지퍼를 여닫을 수 있는 큰 힘으로 바꿔 준다.


▲ 나사못


▲ 병뚜껑


▲ 쐐기


▲ 지퍼

### 우리 몸의 지레

팔을 이용하여 운동하는 경우는 3종 지레의 원리가 적용된다. 즉, 근육이 관절 가까이에 있기 때문에 받침점과 힘점 사이의 거리가 받침점과 작용점 사이의 거리보다 짧다. 이 때문에 팔의 지레는 근육에 큰 힘이 작용해야 하는 단점이 있지만, 동작을 빠르게 할 수 있고 운동 범위를 넓힐 수 있으므로 운동을 할 때 매우 유용하다.

예를 들어, 팔에서 받침점과 힘점 사이의 거리에 비해 받침점과 작용점 사이의 거리가 7배 정도라고 할 때, 무게 100 N인 물체를 들고 있기 위해 필요한 근육의 힘은 700 N이다. 그러나 근육이 1 cm만 움직여도 물체는 7 cm를 움직인다. 즉, 근육의 작은 동작으로 빠른 속력을 얻을 수 있다.

야구 선수가 공을 빠르게 던지는 것이나 테니스 선수가 공을 빠르게 치는 것은 이러한 원리가 적용된 것이다.

# 1-3 역학적 에너지

## 학습 내용 안내

(1) 운동 에너지와 위치 에너지의 정의와 일의 관계를 이해한다.
(2) 역학적 에너지의 정의와 역학적 에너지의 전환 과정을 이해한다.
(3) 역학적 에너지 보존 법칙을 실험을 통해 이해하고, 실제 상황에서 운동 에너지와 위치 에너지 사이에 완벽한 에너지 전환이 불가능한 이유를 설명한다.

## 학습 전개

운동 에너지와 위치 에너지에 영향을 미치는 요인을 알게 하고 일과 에너지 사이의 관계를 이해하게 한다.

↓

롤러코스터에서 물체의 운동 에너지와 위치 에너지 사이의 전환을 통해 역학적 에너지 전환에 대해서 생각해 보게 한다.

↓

역학적 에너지가 보존됨을 쇠구슬의 낙하 실험을 통해 확인하게 한다.

↓

역학적 에너지가 보존되기 위한 조건을 알고, 실제 상황에서 역학적 에너지가 보존되지 않는 이유를 이해하게 한다.

## 지도상 유의점

역학적 에너지 보존 법칙은 특정 조건에서만 성립하므로 유의해서 지도한다.

**찾아보기**

- 교수 학습 개발 센터 http://classroom.kice.re.kr
- 도로 교통 공단 http://www.koroad.or.kr
- 수학 없는 과학(2012), Paul G. Hewitt 저, 럭스 미디어



# 1-3 역학적 에너지

**학습 목표**

- 운동 에너지와 위치 에너지의 정의를 알고 두 에너지의 관계에 대하여 말할 수 있다.
- 역학적 에너지 보존 법칙을 설명할 수 있다.

스키 점프는 가파른 경사면을 스키를 타고 내려오다가 경사면 끝에서 공중으로 뛰어올라 안정적인 자세로 최대한 멀리 가는 기술을 겨루는 스포츠 경기이다. 스키 점프 선수들은 공중을 날아 최대한 멀리까지 가려고 하는데 경사면을 내려가면서 속력이 100 km/h에 이르기도 한다.

경사면을 빠르게 내려간 스키 점프 선수가 경사면의 끝 지점에 도착하면 경사면을 벗어나 뛰어오르는데, 이상적인 조건에서 150 m 이상을 비행할 수 있다.

스키 점프 선수들은 높은 곳에서 경사면을 따라 내려올 때 웅크린 자세로 가만히 있기만 한다. 그런데 선수들은 어떻게 도약 지점에서 빠른 속력을 얻을 수 있을까?

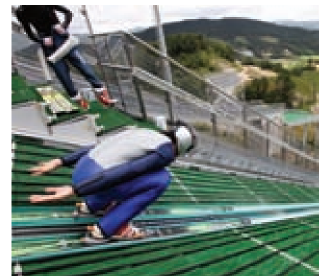


## 과학 돋보기

### ❀ 스키 점프에서의 역학적 에너지의 전환

스키 점프 선수는 비탈을 내려오는 동안 속력이 점점 증가한다. 그 이유는 스키 점프 선수가 비탈을 내려오는 동안 위치 에너지가 운동 에너지로 전환되기 때문이다.

이때 마찰이나 공기의 저항이 없다면 감소한 위치 에너지는 모두 운동 에너지로 전환될 것이다. 하지만 실제로는 비탈과 스키 사이의 마찰과 공기의 저항 등으로 인해 감소한 위치 에너지가 모두 운동 에너지로 전환되지는 못한다. 따라서 최대한 빠른 속력을 얻어 먼 곳까지 도약하기 위해서는 마찰과 공기의 저항을 최소로 줄여야 한다.



❷ 스키 점프

마찰이나 공기의 저항을 줄이기 위한 방법에는 여러 가지가 있는데, 위 그림과 같이 스키 점프 선수가 내려올 때 웅크린 자세를 취하는 것은 공기의 저항을 줄이기 위한 것이다. 그리고 착용하는 선수복이나 사용하는 스키 장비의 재질과 상태, 크기에 따라 마찰이나 공기의 저항이 다르므로 이를 개선하는 노력을 들이고 있다.

## 운동 에너지

우리는 주변에서 운동하는 물체가 일을 하는 경우를 쉽게 찾아볼 수 있다. 예를 들어 볼링에서 굴러가는 볼링공은 핀을 넘어뜨리고, 힘껏 내리친 망치는 벽에 못을 박는다. 또 바람은 요트를 움직이거나 풍차를 돌리는 일을 한다.

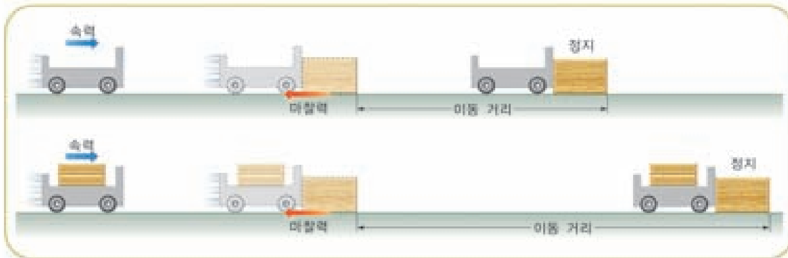
이와 같이 운동하는 물체가 가지는 에너지를 **운동 에너지**라고 한다.

운동하는 물체가 가지는 운동 에너지는 물체의 질량과 속력에 따라 달라진다.

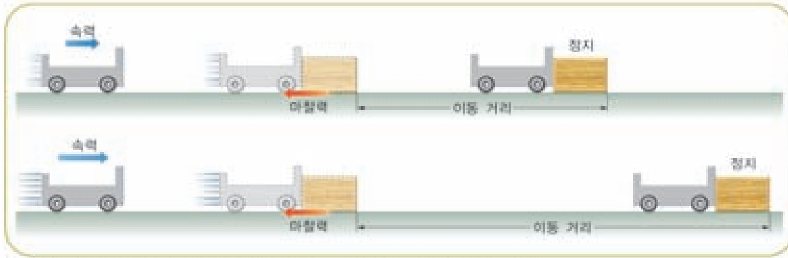
실험용 수레를 운동시켜 나무 도막에 부딪히게 하면 수레는 멈추는 동안 나무 도막을 미는 일을 한다. 즉, 수레의 운동 에너지가 나무 도막을 이동시키는 일을 한다. 이때 수레의 속력이 같다면 질량이 큰 수레가 나무 도막을 더 많이 이동시킨다. 따라서 질량이 클수록 물체의 운동 에너지가 더 크다는 것을 알 수 있다.

또 질량이 같은 수레를 다른 속력으로 운동시켜 나무 도막에 부딪히게 하면 속력이 더 빠른 수레가 나무 도막을 더 많이 민다. 따라서 속력이 클수록 물체의 운동 에너지가 더 크다는 것을 알 수 있다.

❶ 그림 Ⅱ-22 바람의 운동 에너지를 이용한 예(요트)

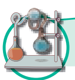



❶ 그림 Ⅱ-23 속력은 같고 질량이 다른 두 수레의 운동 에너지_ 질량이 큰 수레의 운동 에너지가 더 크다.




❶ 그림 Ⅱ-24 질량이 같고 속력이 다른 두 수레의 운동 에너지_ 속력이 빠른 수레의 운동 에너지가 더 크다.

1. 일과 역학적 에너지 321



### 학습 자료실

#### ❀ 일과 운동 에너지의 관계

마찰이 없는 수평면 위에서 $v_0$의 속력으로 운동하던 질량 $m$인 수레가 나무 도막과 충돌하여 일정한 힘 $F$로 나무 도막을 밀어 $s$만큼 이동시킨 후 멈췄다고 할 때 수레가 나무 도막에 한 일의 양은 다음과 같이 구할 수 있다.

수레가 나무 도막에 일정한 힘 $F$를 가할 때 뉴턴의 제3법칙(작용 반작용 법칙)에 따라 수레는 나무 도막으로부터 $-F$의 힘을 받아 가속도 $-\dfrac{F}{m}$인 등가속도 직선 운동을 한다. 등가속도 직선 운동에서 $2as=v^2-v_0^2$이고, $s$만큼 이동한 후 정지하므로 $2\times\left(-\dfrac{F}{m}\right)\times s=0-v_0^2$이다. 이를 $F$에 대해 정리하면 $F=\dfrac{mv_0^2}{2s}$이다. 따라서 수레가 정지할 때까지 나무 도막에 한 일의 양을 구하면 $W=Fs=\dfrac{mv_0^2}{2s}\times s=\dfrac{1}{2}mv_0^2$이다.

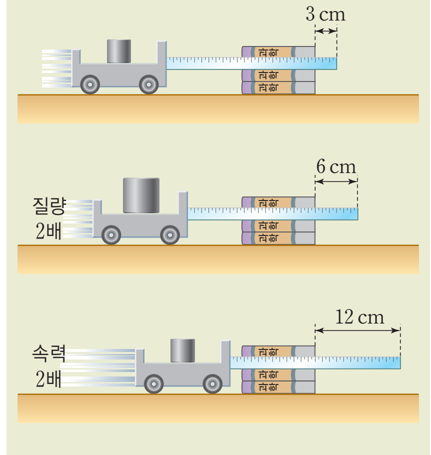
즉, $v_0$의 속력으로 운동하는 질량 $m$인 수레의 운동 에너지는 수레가 멈출 때까지 외부에 한 일의 양과 같다.

### | 용어 설명 |

**운동 에너지** 운동하는 물체는 일을 할 수 있는 능력, 즉 에너지를 가지고 있는데, 이를 운동 에너지라고 한다.

### 보충 학습 운동 에너지의 측정

그림과 같이 운동하는 수레는 자를 미는 일을 할 수 있다. 이때 수레의 운동 에너지가 클수록 자가 밀려난 거리는 증가한다.




### 효과적인 수업을 위한 Tip

**운동 에너지는 방향이 있을까?**

운동 에너지는 벡터량이 아닌 스칼라량이다. 따라서 운동 에너지는 방향이 없다.

등속 원운동의 경우 운동 방향이 끊임없이 변하므로 속도는 계속 변하지만 속력은 변하지 않는다. 이때 물체에 작용하는 구심력은 운동 방향과 수직으로 작용하므로 물체에 일을 하지 않는다. 따라서 물체의 운동 에너지는 변하지 않는다.

### | 관련 지식 |

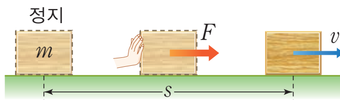
#### ❀ 운동 에너지 $\frac{1}{2}mv^2$에서 $\frac{1}{2}$의 의미

정밀한 실험을 통해 질량 1 kg의 물체가 1 m/s의 속력으로 운동할 때 가지는 운동 에너지는 $\frac{1}{2}$ J임을 알게 되었다. 따라서 운동 에너지 공식에서 상수가 $\frac{1}{2}$이 된다.




### ❀ $\frac{1}{2}mv^2$ 의 유도

그림과 같이 질량 $m$인 물체에 힘 $F$를 주어 정지해 있던 물체를 $s$만큼 이동시켰을 때 물체의 속력이 $v$가 되었다고 하자.




일을 한 시간을 $t$라고 할 때 이 물체의 운동 에너지($E_k$)는 한 일 $W$만큼 증가하였으므로 다음과 같이 정리된다.

$$E_k = W = F \times s$$
$$= (ma) \times s$$
$$= \left(m \times \frac{v}{t}\right) \times \left(\frac{0+v}{2}\right) \times t$$
(∵ 평균 속력×시간=이동 거리)
$$= \frac{1}{2}mv^2$$

**잠 깐 체 크**

질량 4 kg인 볼링공이 3 m/s의 속력으로 운동하고 있으므로 볼링공의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 4\ \text{kg} \times (3\ \text{m/s})^2$ $=18$ J이다.

※ 물체의 질량과 속력의 단위는 각각 kg과 m/s이므로 운동 에너지의 단위는 J이 된다.

$$\text{J} = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$



### ❀ 일과 위치 에너지의 관계

질량 $m$인 물체를 기준면에서 높이 $h$인 지점까지 이동시키기 위해서는 물체의 무게인 9.8 $m$에 해당하는 힘을 가해 주어야 하며, 이때 한 일은 다음과 같다.

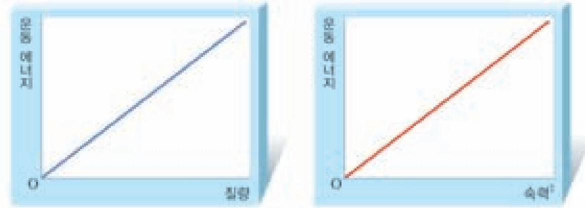
$$W = 9.8\ mh$$

이때 해 준 일의 양은 물체가 이 위치에서 기준점까지 낙하하면서 할 수 있는 일의 양과 같다.

어떤 속력으로 운동하고 있는 물체의 운동 에너지는 물체를 정지 상태에서 그 속력이 될 때까지 물체에 해 주는 일의 양과 같다. 이때 해 준 일의 양은 물체의 질량에 비례하고 속력의 제곱에 비례한다. 따라서 물체의 질량이 2배, 3배가 되면 운동 에너지도 2배, 3배가 되고, 속력이 2배, 3배가 되면 운동 에너지는 4배, 9배가 된다. 질량이 $m$인 물체가 $v$의 속력으로 운동할 때 물체의 운동 에너지 $E_k$는 다음과 같이 나타낸다.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2\ (\text{J})$$

**용어 운동 에너지의 어원**
운동 에너지는 'kinetic energy'라고 한다. 'kinetic'은 운동을 뜻하는 그리스 어의 'kinetikos'라는 말에서 유래하였다. 따라서 운동 에너지는 간단히 $E_k$로 표시한다.




❸ 그림 Ⅱ-25 운동 에너지_ 물체의 질량에 비례하고, 속력의 제곱에 비례한다.

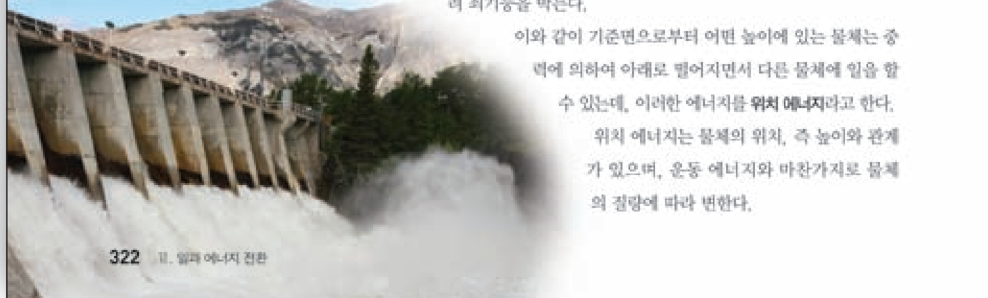
**잠깐 체크** 질량이 4 kg인 볼링공이 3 m/s의 속력으로 운동할 때, 볼링공의 운동 에너지는 얼마인가?

#### 위치 에너지

높은 곳에 위치한 물은 떨어지면서 물레방아를 돌리기도 하고, 수력 발전소의 수차를 돌려 전기를 만드는 일을 하기도 한다. 또한 건물을 짓기 전에 기초 공사를 하는 현장에서는 쇠기둥을 세울 때 무거운 쇳덩이를 들어 올렸다가 떨어뜨려 쇠기둥을 박는다.

이와 같이 기준면으로부터 어떤 높이에 있는 물체는 중력에 의하여 아래로 떨어지면서 다른 물체에 일을 할 수 있는데, 이러한 에너지를 **위치 에너지**라고 한다.

위치 에너지는 물체의 위치, 즉 높이와 관계가 있으며, 운동 에너지와 마찬가지로 물체의 질량에 따라 변한다.



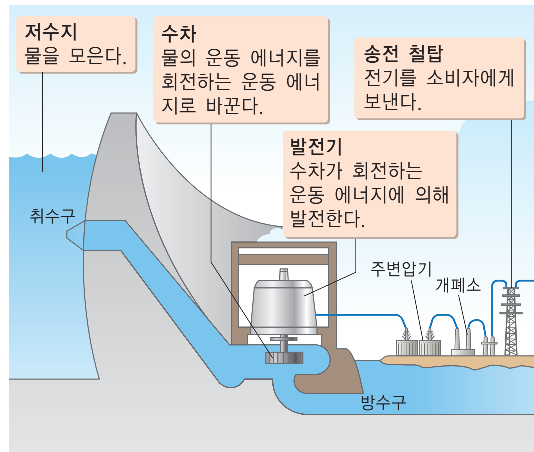
❸ 그림 Ⅱ-26 수력 발전소

322 Ⅱ. 일과 에너지 전환

**✚ 참고 자료** 수력 발전

물의 위치 에너지를 이용하여 전기를 생산하는 방식으로서, 연료의 공급이 없이도 오래 사용할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 건설하는 데 경비가 많이 들고 댐을 건설할 수 있는 지역이 한정되어 있다는 단점이 있다.

낙차를 얻는 방법에 따라 댐식, 수로식, 댐수로식, 양수 발전식으로 분류된다.




❸ 수력 발전소의 원리

그림 Ⅳ-27과 같이 장치하고 어떤 높이에서 쇠구슬을 놓아 수평면 위에 있는 나무 도막에 부딪히게 하면 쇠구슬이 멈추는 동안 나무 도막을 밀게 된다. 즉, 쇠구슬의 위치 에너지가 나무 도막을 이동시키는 일을 한다.

이때 높이가 같다면 질량이 큰 쇠구슬이 나무 도막을 더 많이 이동시킨다. 또 질량이 같다면 더 높은 곳에 있던 쇠구슬이 나무 도막을 더 많이 이동시킨다.

따라서 쇠구슬이 가지는 위치 에너지는 질량이 클수록, 위치가 높을수록 더 크다는 것을 알 수 있다.

그림 Ⅱ-27 쇠구슬이 가지는 위치 에너지

기준면으로부터 어떤 높이에 있는 물체의 위치 에너지는 기준면에서 그 높이까지 중력에 대해 물체를 들어 올리는 데 해 준 일의 양과 같다. 따라서 물체가 갖는 위치 에너지는 '중력×들어 올린 높이'가 된다. 그러므로 해 준 일의 양은 물체의 질량과 높이에 각각 비례한다. 이때 기준면을 다르게 하면 들어 올리는 높이가 달라지므로 위치 에너지도 달라진다.

물체에 작용하는 중력의 크기는 물체의 무게와 같으므로, 물체의 위치 에너지는 '무게×높이'로 나타낼 수도 있다. 따라서 질량 $m$인 물체가 기준면으로부터 높이 $h$인 곳에 있을 때 물체의 위치 에너지 $E_p$는 다음과 같이 나타낸다.

**무게와 질량의 관계**
어떤 물체의 무게는 물체가 받는 중력의 크기와 같다.
질량 $m$인 물체의 무게는 $9.8\,m$이다. 예를 들어, 질량이 1 kg인 물체의 무게는 9.8 N이다.

$$E_p=mgh\ (\text{J}),\ (g=9.8\ \text{m/s}^2)$$

**위치 에너지의 표시**
위치 에너지는 영어로 'potential energy'라고 한다. 따라서 위치 에너지는 간단히 $E_p$로 표시한다.

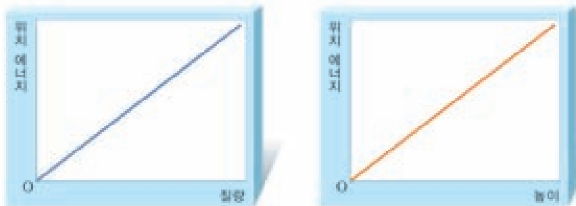



그림 Ⅱ-28 위치 에너지_ 물체의 질량과 높이에 비례한다.

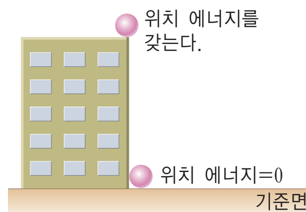
1. 일과 역학적 에너지 323

## 과학 돋보기

### ❀ 위치 에너지와 기준면

위치 에너지의 기준면은 상황에 따라 임의로 정할 수 있으며, 기준면을 생략한 경우 보통 지표면이 기준면이 된다. 물체의 위치에 따른 위치 에너지 $E_p$는 다음과 같다.

- 기준면보다 낮은 곳에 있는 경우: $E_p<0$
- 기준면에 있는 경우: $E_p=0$
- 기준면보다 높은 곳에 있는 경우: $E_p>0$




위치 에너지는 상대적인 값이므로 물체의 위치 에너지가 0보다 작다는 것은 에너지를 가지고 있지 않다는 뜻이 아니라 기준면이 갖는 위치 에너지보다 물체가 갖는 위치 에너지가 더 작다는 뜻이다.

이때 기준면을 달리하면 기준면에 따라 물체의 위치 에너지는 달라진다.

## 심화 학습 위치 에너지

### ❀ 위치 에너지의 종류

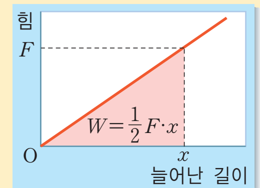
위치 에너지는 보존력에 대한 그 물체의 상대적인 위치에 의해 결정되는 물리량으로, 중력에 의한 위치 에너지, 탄성력에 의한 위치 에너지, 전기력에 의한 위치 에너지 등이 있다.

### ❀ 탄성력에 의한 위치 에너지

(1) 탄성 계수 $k$인 용수철을 $x$만큼 당겼을 때 용수철이 가지는 위치 에너지는 용수철을 $x$만큼 늘리는 데 한 일과 같으며, 한 일의 양은 다음과 같다.

$$W=\frac{1}{2}Fx=\frac{1}{2}kx^2$$

여기서 $W=\frac{1}{2}Fx$인 이유는 용수철을 $x$만큼 당기는 동안 용수철의 탄성력이 $F$로 항상 일정한 것이 아니라 0에서부터 일정하게 증가하여 $x$만큼 늘어났을 때 $F$가 되기 때문이다.




힘 - 늘어난 길이 그래프

(2) 화살을 걸어 활시위를 당길 때 화살에 한 일은 탄성력에 의한 위치 에너지로 저장되며, 활시위를 놓았을 때 탄성력에 의한 위치 에너지가 화살의 운동 에너지로 전환되어 화살이 날아간다.

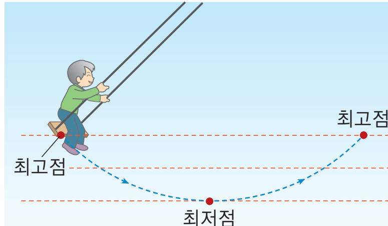


탄성력에 의한 위치 에너지의 예(양궁)




### ❀ 그네의 역학적 에너지

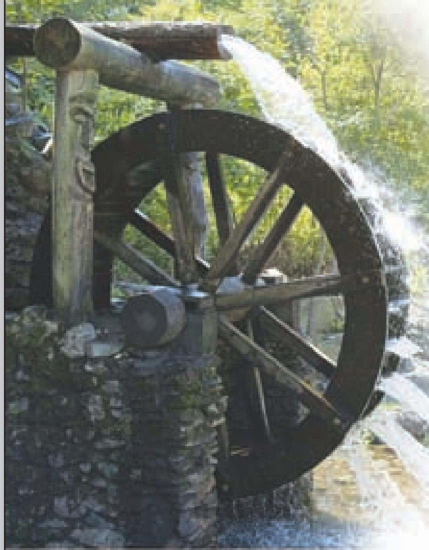
그네는 최고점에서 내려올 때 중력에 의한 위치 에너지가 감소하고 운동 에너지는 증가한다. 최저점에 도달했을 때 운동 에너지는 최대가 된다.




❷ 그네의 역학적 에너지

최저점을 통과한 후 올라갈 때에는 운동 에너지가 감소하고 위치 에너지는 증가한다. 만일 마찰이나 공기의 저항이 없다면 최고점과 최저점에서의 중력에 의한 위치 에너지의 차이가 최대 운동 에너지가 된다.

그네를 탈 때에는 최고점에서 몸을 높이고 최저점에서 몸을 낮춘다. 그 이유는 최고점에서 몸을 높이면 중력에 의한 위치 에너지가 증가하게 되고, 최저점에서 몸을 낮추면 가만히 있을 때에 비해 위치 에너지가 더 많이 감소하여 최대 운동 에너지가 증가하기 때문이다.



**역학적 에너지**

높은 곳에서 떨어뜨린 공은 떨어지는 동안 운동 에너지와 위치 에너지를 갖는다. 이때 물체의 운동 에너지와 위치 에너지의 합을 그 물체의 **역학적 에너지**라고 한다.

역학적 에너지는 일과 관련이 있으며, 물체가 하거나 받는 일에 따라 달라진다. 물체가 일을 하면 물체의 역학적 에너지는 감소하고, 반대로 일을 받으면 역학적 에너지는 증가한다.

예를 들어, 높은 곳에서 떨어지는 물은 물레방아를 돌리는 일을 한다. 이때 물은 물레방아를 돌리는 일을 하면서 역학적 에너지가 감소하지만, 물레방아는 물이 하는 일을 받음으로써 역학적 에너지가 증가하여 돌게 된다.

이와 같이 물체의 역학적 에너지는 일로 바뀔 수 있고, 또 물체가 받은 일은 역학적 에너지로 저장될 수 있다.

❸ 그림 II-29 물의 역학적 에너지를 이용한 물레방아




324 II. 일과 에너지 전환

## 심화 학습 자동차의 속력과 제동 거리

자동차의 브레이크를 밟아 속력을 줄이기 시작할 때부터 완전히 멈출 때까지 이동한 거리를 제동 거리라고 한다.




자동차가 멈출 때 작용하는 마찰력은 속력에 관계 없으므로 자동차가 멈출 때까지 마찰력이 한 일의 양은 제동 거리에 비례한다. 이때 주행 중인 자동차는 운동 에너지를 가지고 있고 이 운동 에너지만큼 마찰력이 자동차에 일을 해 주어야 자동차가 정지하므로 제동 거리는 운동 에너지에 비례해서 길어진다. 운동 에너지는 속력의 제곱에 비례하므로 자동차의 속력이 2배, 3배가 되면 제동 거리는 4배, 9배가 된다.

## 과학 돋보기

### ❀ 역학적 에너지

**(1) 역학적 에너지 구하기(예시)**

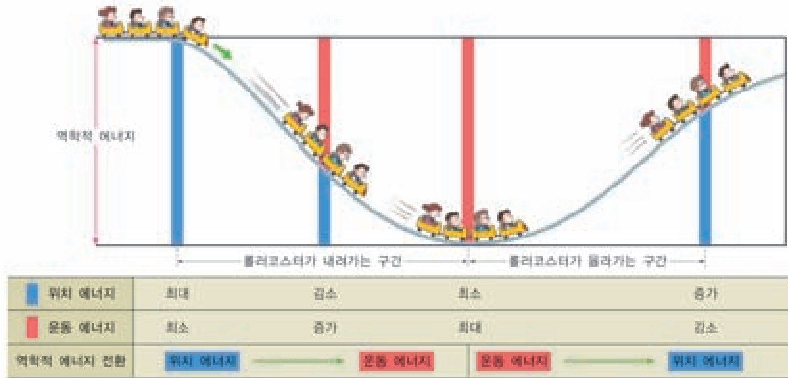
> 낙하하고 있는 질량 2 kg인 물체가 어느 지점에서 속력이 4 m/s이고 높이가 지면으로부터 5 m일 때, 이 지점에서 물체의 역학적 에너지는 다음과 같이 구할 수 있다.
>
> • 운동 에너지 $=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}\times 2\times 4^2=16$ J
>
> • 위치 에너지 $=9.8mh=9.8\times 2\times 5=98$ J
>
> • 역학적 에너지 = 운동 에너지 + 위치 에너지
> $=16+98=114$ J

**(2) 역학적 에너지 전환** 운동하는 물체의 운동 에너지가 위치 에너지로 또는 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀌는 현상을 역학적 에너지 전환이라고 한다.

놀이공원에 있는 롤러코스터는 동력으로 가장 높은 곳까지 끌어올리고 나면 그 다음부터는 동력이 없어도 가파른 레일을 따라 오르내리면서 달린다. 롤러코스터가 높은 곳에서 내려올 때에는 속력이 점점 빨라지고 다시 높은 곳으로 오를 때에는 속력이 점점 느려진다.

이때 롤러코스터의 역학적 에너지는 어떻게 될까?

롤러코스터가 운동할 때 위치 에너지와 운동 에너지는 계속 변한다. 동력으로 높은 곳에 올려진 롤러코스터가 레일을 따라 내려갈 때에는 롤러코스터의 높이는 감소하고 속력은 증가한다. 따라서 롤러코스터의 위치 에너지는 감소하고 운동 에너지는 증가한다. 한편, 내려온 롤러코스터가 다시 높은 곳으로 올라갈 때에는 롤러코스터의 높이는 증가하고 속력은 감소한다. 따라서 롤러코스터의 위치 에너지는 증가하고 운동 에너지는 감소한다.




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 위치 에너지 | 최대 | 감소 | 최소 | 증가 |
| 운동 에너지 | 최소 | 증가 | 최대 | 감소 |
| 역학적 에너지 전환 | 위치 에너지 → 운동 에너지 | | 운동 에너지 → 위치 에너지 | |

그림 Ⅱ-30 롤러코스터의 역학적 에너지

이와 같이 물체가 올라가거나 내려갈 때 운동 에너지가 위치 에너지로 바뀌거나 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀌는 현상을 **역학적 에너지 전환**이라고 한다.

스스로 해결하기
물체가 떨어질 때 위치 에너지는 (        )하고 운동 에너지는 (        )한다.




운동하는 물체의 위치 에너지와 운동 에너지는 서로 전환된다. 그렇다면 물체의 위치 에너지와 운동 에너지의 합은 어떻게 될까?

1. 일과 역학적 에너지 325

**스스로 해결하기**

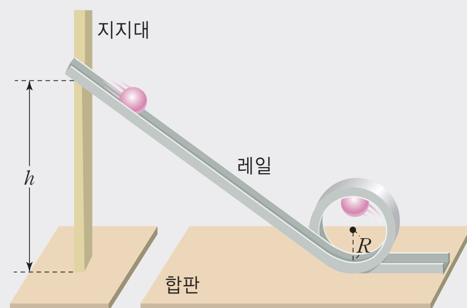
물체가 떨어질 때 위치 에너지는 ( 감소 )하고 운동 에너지는 ( 증가 )한다.



**이런 실험도 가능해요!**

## 미니 롤러코스터 만들기

그림과 같이 미니 롤러코스터를 만들어 쇠구슬을 놓으면 쇠구슬이 레일을 따라 한 바퀴 회전하는 모습을 볼 수 있다. 이때 쇠구슬이 지나는 지점을 몇 군데 설정하여 위치 에너지와 운동 에너지의 변화를 설명해 보게 하고, 역학적 에너지 전환을 이해할 수 있도록 지도한다.




**미니 롤러코스터**_ 쇠구슬이 원궤도를 이탈하지 않고 회전하기 위한 쇠구슬 출발 지점의 높이 $h$는 원궤도 반지름 $R$의 2.5배 이상이어야 한다.

## 과학 자료실

### 번지 점프에서의 역학적 에너지 전환

번지 점프에서 역학적 에너지 전환은 다음과 같은 과정으로 나누어 생각할 수 있다.

(1) **줄이 늘어나기 전** 번지 점프대에서 뛰어내려 줄이 늘어나기 전까지는 줄의 영향을 받지 않고 중력의 영향만 받으며 떨어지므로 자유 낙하할 때와 마찬가지로 중력에 의한 위치 에너지가 운동 에너지로 전환된다.

(2) **줄이 늘어날 때** 줄이 늘어나기 시작하면 탄성력에 의한 위치 에너지가 증가하기 시작한다. 이때 중력에 의한 위치 에너지는 감소하며, 탄성력과 중력이 같아지기 전까지 운동 에너지는 계속 증가한다. 이후 탄성력이 중력보다 커지면 운동 에너지는 감소하게 된다. 줄이 최대로 늘어났을 때 탄성력에 의한 위치 에너지는 최대가 되고 중력에 의한 위치 에너지는 최소가 되며, 운동 에너지는 0이 된다.

(3) **튕겨 올라갈 때** 튕겨 올라가기 시작하면 탄성력에 의한 위치 에너지가 중력에 의한 위치 에너지와 운동 에너지로 전환되며, 탄성력이 중력보다 작아지면 운동 에너지가 감소하기 시작한다. 이때 운동 에너지와 탄성력에 의한 위치 에너지가 중력에 의한 위치 에너지로 전환되며, 최고점에 다다르면 위치 에너지가 최대로 되고 다시 앞의 과정을 반복하게 된다.

※ 위와 같은 과정을 계속 반복하면서 진동하는 폭이 점점 줄어드는 것을 볼 수 있는데, 이것은 진동하는 동안 줄에서 열이 발생하고 공기의 저항을 받아 역학적 에너지가 보존되지 않기 때문이다.

## 탐구 활동 실험(동영상)

### 목표

낙하하는 물체의 운동 에너지와 위치 에너지의 관계를 통해 역학적 에너지가 보존됨을 이해할 수 있다.

### 원리 설명

1 낙하하는 물체의 위치 에너지가 운동 에너지로 전환되므로 위치 에너지는 점점 감소하고 운동 에너지는 점점 증가한다.

2 속력 측정기는 측정기 내부의 두 지점을 통과하는 시간을 측정하여 평균 속력을 구하는 장치로서, 속력이 일정한 운동이나 등가속도 운동의 경우 속력 측정기에 측정된 속력은 속력 측정기의 중심을 지날 때의 순간 속력이라고 할 수 있다.

3 역학적 에너지는 위치 에너지와 운동 에너지의 합이므로 각 지점에서 역학적 에너지는 다음과 같이 구한다.

위치 에너지+운동 에너지

$$=9.8mh+\frac{1}{2}mv^2$$

### 유의점

1 낙하용 트랙과 쇠구슬 사이의 마찰을 줄이기 위해 낙하용 트랙을 연직으로 설치하고, 쇠구슬이 낙하용 트랙과 닿지 않도록 주의하여 놓는다.

2 쇠구슬을 놓을 때에는 위나 아래로 던지듯이 놓지 않고 가만히 놓아 떨어뜨린다.

3 B, C의 높이는 설치한 속력 측정기의 가운데 부분의 위치를 높이로 측정한다.

4 쇠구슬의 위치 에너지와 운동 에너지를 구할 때 질량은 kg, 높이는 m, 속력은 m/s 단위로 환산하여 구하도록 지도한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 추를 실에 매달아 늘어뜨리면 낙하용 트랙이 연직임을 확인할 수 있다.

2 실험 시 소음을 줄이기 위해 쇠구슬이 떨어지는 부분에 솜을 깔아 둔 상자를 놓거나 책을 놓아둔다.

3 떨어지는 쇠구슬에 의해 다치지 않도록 안전에 유의하여 지도한다.

---

**탐구 활동** 낙하하는 물체의 역학적 에너지 보존 실험(동영상)

**목·표**

낙하하는 물체의 운동 에너지와 위치 에너지를 구하여 역학적 에너지가 보존됨을 이해할 수 있다.

**준·비·물**

쇠구슬, 속력 측정기 2개, 낙하용 트랙, 전자저울

**탐|구|도|우|미**

속력 측정기는 적외선을 이용하여 물체가 속력 측정기를 통과하는 동안 물체의 속력을 측정하는 장치이다.

**유·의·점**

1. 속력 측정기는 적외선 센서를 사용하므로 햇빛이 약한 실내에서 사용하는 것이 좋다.
2. 속력 측정기가 없는 경우에는 스탠드에 시간 기록계를 고정하고 쇠구슬에 종이 테이프를 연결하여 똑바로 떨어 뜨려 실험할 수도 있다.

**과정**

❶ 그림과 같이 낙하용 트랙에 두 개의 속력 측정기를 설치한다.
❷ 전자저울을 이용하여 쇠구슬의 질량을 측정한다.
❸ 낙하용 트랙의 가장 높은 곳에서 쇠구슬을 떨어뜨린 후 높이에 따른 물체의 속력을 측정한다.




**결과**

1 쇠구슬의 질량을 기록한다.
쇠구슬의 질량 : (　　　)g

2 쇠구슬의 처음 위치를 A, 첫 번째 속력 측정기의 위치를 B, 두 번째 속력 측정기의 위치를 C라고 할 때, 세 지점 A, B, C에서 쇠구슬의 높이와 속력을 아래 표에 기록한다.

| 지점 | A | B | C |
|---|---|---|---|
| 높이(m) | | | |
| 속력(m/s) | | | |

3 위의 값으로부터 각 경우의 위치 에너지와 운동 에너지 값을 표에 기록하고, 역학적 에너지의 값을 계산한다.

| 지점 | A | B | C |
|---|---|---|---|
| 위치 에너지(J) | | | |
| 운동 에너지(J) | | | |
| 역학적 에너지(J) | | | |

**해석**

1 쇠구슬이 떨어지는 동안 위치 에너지와 운동 에너지는 각각 어떻게 변하는가?

2 각 지점에서 역학적 에너지의 값은 어떻게 변할까?

326 Ⅱ. 일과 에너지 전환

---

### 결과(예시)

1 쇠구슬의 질량: (100)g

2

| 지점 | A | B | C |
|---|---|---|---|
| 높이(m) | 1 | 0.6 | 0.25 |
| 속력(m/s) | 0 | 2.8 | 3.8 |

3

| 지점 | A | B | C |
|---|---|---|---|
| 위치 에너지(J) | 0.98 | 0.59 | 0.25 |
| 운동 에너지(J) | 0 | 0.39 | 0.72 |
| 역학적 에너지(J) | 0.98 | 0.98 | 0.97 |

### 해석

1 위치 에너지는 감소하며 운동 에너지는 증가한다.

2 마찰이나 공기의 저항이 없다면 역학적 에너지는 보존되므로 세 지점 A, B, C에서 쇠구슬의 역학적 에너지의 값은 변화가 없어야 하나, 실제 실험에서는 낙하용 트랙과의 마찰이나 공기 저항의 영향으로 낙하하면서 조금씩 감소하므로 이를 감안한다.

만약 공기의 저항을 무시한다면 낙하하는 물체의 위치 에너지는 점점 감소하고, 감소한 양만큼 운동 에너지는 증가한다. 따라서 물체의 위치 에너지와 운동 에너지의 합인 역학적 에너지는 어느 위치에서든 값이 변하지 않는다.

다음은 질량 $m$(kg)인 물체가 높이 $h$(m)에서 떨어지는 동안 위치 에너지와 운동 에너지의 변화를 나타낸 것이다.

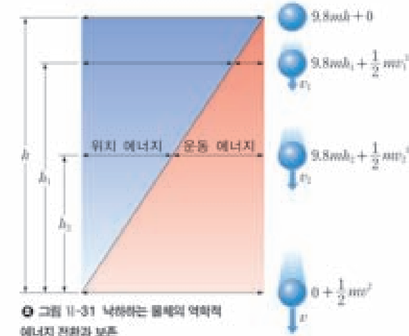



그림 Ⅱ-31 낙하하는 물체의 역학적 에너지 전환과 보존

처음 높이 $h$에서 물체의 위치 에너지는 $9.8mh$이고 운동 에너지는 0이므로 역학적 에너지는 $9.8mh$가 된다. 이 물체는 떨어지면서 높이가 낮아져 위치 에너지는 감소하지만 속력이 빨라져 그만큼 운동 에너지는 증가한다. 그러므로 높이 $h_1$, $h_2$인 곳에서 역학적 에너지는 같다.

$$9.8mh_1+\frac{1}{2}mv_1^2=9.8mh_2+\frac{1}{2}mv_2^2$$

이와 같이 운동하고 있는 물체의 역학적 에너지는 마찰이나 공기의 저항이 없다면 항상 일정하게 보존되는데, 이것을 **역학적 에너지 보존 법칙**이라고 한다. 마찰이나 공기의 저항이 있는 경우에는 물체의 위치 에너지가 감소하는 만큼 운동 에너지가 증가하지 않기 때문에 물체의 역학적 에너지는 보존되지 않는다.

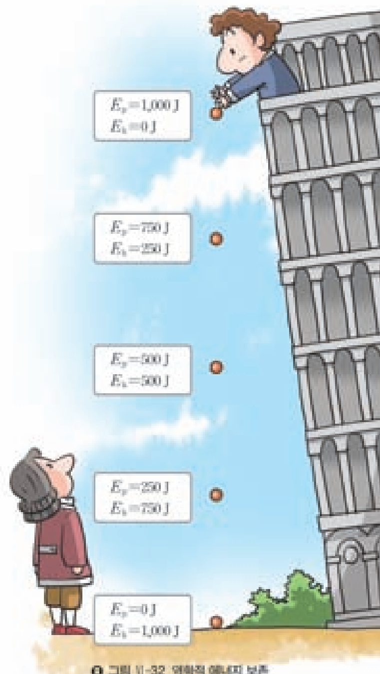



그림 Ⅱ-32 역학적 에너지 보존

| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 응용 문제 해결하기 | 과학과 생활 연관 찾기 |
|---|---|---|---|
| | 운동 에너지와 위치 에너지의 합을 무엇이라고 하는가? | 우주여행을 마치고 지구로 돌아온 우주선은 지구로 돌아올 때 공기와 부딪혀 검게 그을려 있다. 이 경우에도 역학적 에너지가 보존된 것인지 생각해 보자. | 비행기에서 뛰어내린 스카이다이버의 속력이 계속 증가하지 않는 이유에 대하여 생각해 보자. |

1. 일과 역학적 에너지 327

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

운동하고 있는 물체가 가지고 있는 운동 에너지와 위치 에너지의 합을 그 물체의 역학적 에너지라고 한다.

▶ 응용 문제 해결하기

역학적 에너지가 보존되기 위해서는 마찰이나 공기의 저항이 없어야 한다. 하지만 우주여행을 마치고 지구로 돌아온 우주선은 공기와 부딪혀 검게 그을려 있었으므로 지구로 돌아올 때 역학적 에너지는 보존되지 않고 감소한 것이다.

▶ 과학과 생활 연관 짓기

비행기에서 뛰어내린 스카이다이버의 속력은 점점 빨라지지만, 공기의 저항 때문에 속력이 어느 이상으로 증가하지는 않는다. 즉, 속력이 빨라져 중력과 공기의 저항이 힘의 평형을 이루면 스카이다이버의 속력이 증가하지 않는 것이다.

이 경우 역학적 에너지는 보존되지 않는데, 이때 감소한 위치 에너지는 스카이다이버의 운동 에너지 외의 다른 형태의 에너지로 전환된 것이다.

이와 같이 실생활에서는 마찰이나 공기의 저항으로 인해 역학적 에너지가 보존되지 않는 경우가 대부분이다. 하지만 이런 경우에도 열 · 소리 · 빛에너지 등을 포함하는 모든 에너지의 총량은 보존되며, 이를 에너지 보존 법칙이라고 한다.

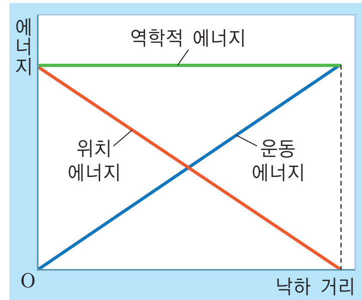


## 과학 돋보기

### ❀ 역학적 에너지 보존 법칙

(1) **역학적 에너지가 보존되는 경우** 마찰이나 공기의 저항이 없이 중력만 작용하는 경우 물체의 역학적 에너지는 일정하게 보존된다. 즉, 위치 에너지가 감소하면 그 감소한 양만큼 운동 에너지가 증가하고, 반대로 운동 에너지가 감소하면 그 감소한 양만큼 위치 에너지가 증가한다.

$$E_k+E_p=\text{일정}$$




❸ 역학적 에너지 전환과 보존

(2) **역학적 에너지가 보존되지 않는 경우** 물체에 중력, 탄성력 이외에 마찰이나 공기의 저항이 있는 경우 역학적 에너지는 보존되지 않고 감소한다. 이때 감소한 역학적 에너지는 열 · 소리 · 빛에너지 등으로 전환되며, 이 에너지들을 포함한 모든 에너지의 총량은 항상 일정하게 보존된다.



## 학습 자료실

### ❀ 에너지 보존과 열에너지

어떤 에너지가 다른 종류의 에너지로 변환될 때 처음 에너지의 일부는 항상 열에너지로 변환된다. 마찰 등에 의한 열에너지가 항상 유용한 에너지가 되어서 일을 하는 데 쓰이지는 않는다. 보통 일을 하는 데 쓰이지 않은 열에너지는 주변으로 흩어진다.

따라서 에너지를 공급하지 않고 계속 일을 할 수 있는 기계를 만드는 것은 불가능하다.

# 2-1 에너지와 미래 생활

## | 학습 내용 안내 |

(1) 여러 형태의 에너지 종류와 특징을 안다.

(2) 인류의 미래에서 에너지가 담당할 중요한 역할을 이해한다.

## | 학습 전개 |

화석 연료 사용의 문제점을 알게 한다.



우리가 흔히 사용하는 여러 가지 에너지의 종류와 그 특징을 알게 한다.



탐구 활동을 통해 신 · 재생 에너지의 뜻과 종류, 각각의 특징을 조사해 보게 한다.



미래에서 에너지의 중요한 역할을 이해하고, 신 · 재생 에너지 개발의 필요성과 올바른 이용 방법을 알게 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 석탄, 석유, 천연가스 등 화석 연료의 특징과 문제점에 대해 발표하는 것을 통해 단원 도입을 한다.

2 탐구 활동에 신 · 재생 에너지의 종류가 많으므로 모둠별로 1~2개를 배분하여 자세히 조사할 수 있도록 한다.

3 인터넷 등을 검색하여 신 · 재생 에너지와 관련된 개념을 이해할 수 있도록 안내하고, 신 · 재생 에너지의 중요성을 인식할 수 있도록 지도하되, 개념을 너무 자세히 다루지 않도록 한다.

### 찾아보기

• 에너지 관리 공단
http://www.kemco.or.kr

2-1 에너지와 미래 생활

학습 목표

• 여러 형태의 에너지 종류와 특징을 말할 수 있다.
• 인류의 미래에서 에너지의 중요한 역할을 설명할 수 있다.

오늘날 석유, 석탄 등과 같은 화석 연료는 거의 모든 산업에 쓰이고 있다.

우리나라도 에너지 소비 구조에서 화석 연료에 대한 의존도가 매우 높다. 그러나 화석 연료의 사용은 온실기체의 배출량을 높이고 환경 오염을 일으키는 등 많은 문제점이 있다.

따라서 이러한 문제들을 해결하고 지속 가능한 발전을 위해 미래에는 다양한 신 · 재생 에너지를 사용할 것으로 예상된다.

여러 가지 에너지의 특징을 알아보고 우리가 앞으로 살아갈 미래 사회에서 에너지의 중요성에 대해 생각해 보자.

330 Ⅵ. 일과 에너지 전환

### 보충 학습 우리나라의 에너지 소비 현황

우리나라는 에너지의 97 % 이상을 해외에서 수입하고 있는 에너지 자원 빈국이며, 에너지 소비 세계 11위, 석유 소비 세계 7위의 막대한 에너지 소비국이다.

우리나라의 에너지 소비율이 높은 이유는 1960년대 근대화 산업의 전개에 따라 농경 사회에서 에너지를 많이 소비하는 중화학 공업 위주의 산업 사회로 발달하였기 때문이다. 또한 1980년대 이후로 자동차가 많이 보급되고 가정이나 상업 부문에서도 소득 수준이 증가함에 따라 각종 전기 제품의 사용이 지속적으로 늘어난 것도 에너지 소비가 늘어나는 또 하나의 원인이다.

현재의 에너지 소비 행태는 경제적으로나 환경적으로 많은 문제를 일으키고 있다. 부존 에너지 자원이 적은 우리나라에서 에너지의 해외 의존은 경제에 큰 부담이 되고 있다. 그리고 화석 연료와 원자력에 크게 의존하기 때문에 대기 오염을 비롯한 환경 문제가 발생하고 있으며, 원자력 발전소나 핵폐기물 처리장의 건설 부지 선정과 관련해서 해당 지역 주민의 반발이 커 사회적 갈등도 유발되고 있다.

탐구 활동 여러 가지 에너지의 특징 조사·토론

목표
신·재생 에너지를 비롯한 여러 가지 에너지의 특징을 설명할 수 있다.

탐구 도우미
• 신·재생 에너지: 신에너지와 재생 에너지를 합한 말
• 신에너지: 연료 전지, 수소 에너지, 석탄 액화 및 가스화
• 재생 에너지: 태양열 에너지, 태양광 에너지, 바이오 에너지, 풍력 에너지, 수력 에너지, 지열 에너지, 해양 에너지, 폐기물 에너지

과정
아래 그림은 우리 주변의 여러 가지 에너지를 나타낸 것이다. 그림을 관찰한 후 과정에 따라 각 에너지의 특징에 대하여 조사해 보자.
❶ 빛에너지, 열에너지, 전기 에너지, 소리 에너지 등 일상생활에서 사용하는 에너지 중 한 가지와 신·재생 에너지 중 한 가지를 선정한다.
❷ 3~4명으로 모둠을 구성한 후 역할을 분담하여 선정한 에너지의 특징과 원리, 장단점 등을 조사한다.


빛에너지


열에너지


전기 에너지


소리 에너지




태양광 에너지 수력 에너지 풍력 에너지
신·재생 에너지

결과 창의·인성
모둠별로 조사한 에너지의 특징과 원리, 장점과 단점 등에 대해 보고서를 만들고 토론해 보자.






2. 에너지 전환 331

## 탐구 활동 조사·토론

**| 목표 |**
신·재생 에너지를 비롯한 여러 가지 에너지의 특징을 설명할 수 있다.

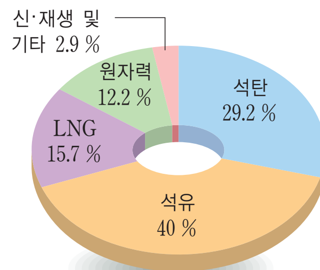
**| 결과(예시) | 창의·인성**
• 선정한 에너지? ➡ 풍력 에너지
• 특징은 무엇인가? ➡ 바람의 운동 에너지를 이용하여 풍력 발전기의 풍차를 돌려 전기 에너지를 얻는다.
• 신·재생 에너지가 기존의 에너지와 다른 점은 무엇인가? ➡ 신·재생 에너지는 화석 연료와 같이 자원 고갈의 염려가 없고, 환경 오염을 발생하지 않는다.
• 선정한 에너지의 장점과 단점은? ➡ 풍력 에너지는 무한 자원으로 환경 오염을 발생하지 않는 청정 에너지이다. 하지만 발전 효율이 낮은 편이다.
• 어떻게 이용되는가? ➡ 풍력 발전을 통해 전력 생산에 이용하고 있다.

※ 모둠 활동을 통해 학생들이 창의·인성을 키울 수 있도록 지도한다.

과학 돋보기 

### ❀ 우리나라의 신·재생 에너지 현황

**(1) 신·재생 에너지 기술 개발의 필요성**
우리나라의 1차 에너지원별 공급 구성비는 다음 그래프와 같이 화석 연료에 크게 의존하고 있다.




**Ⓐ 우리나라의 에너지원별 수요 전망(2010년)**

또 화석 연료로 인한 온실기체 배출을 규제하는 기후 변화 협약이 더욱 강화되어 2013년부터 모든 나라가 온실기체 배출 감축을 의무화하기로 하였다.
따라서 급변하는 에너지 환경에 대하여 에너지 저소비형 사회 시스템을 마련하고, 화석 에너지를 대체할 에너지원의 개발이 절실한 실정이다.

**(2) 외국과의 비교** 전체 에너지 대비 신·재생 에너지의 공급률은 2010년 현재 우리나라가 2.5 %에 불과한 데 비해 일본 3.4 %, 미국 5.7 %, 프랑스 8.1 %, 독일 10.0 %, 덴마크 20.1 % 등 다른 나라들은 상대적으로 높은 편이다.

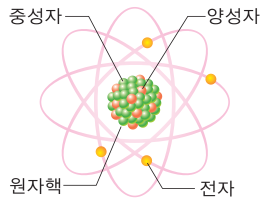
**(3) 국내 신·재생 에너지의 기술 수준**
전반적으로 선진국의 80 %에 가까운 수준이다. 특히 태양열, 태양광, 바이오, 폐기물 분야는 선진국 수준에 근접하여 실용화 또는 상용화 단계에 진입한 반면 수소 에너지 기술 수준은 낮은 편이다.

**(4) 전망** 우리나라는 장기적으로 2030년까지 1차 에너지 소비의 11 %를 신·재생 에너지로 공급하기 위해 신·재생 에너지의 이용, 보급을 촉진하고 있다. 따라서 신·재생 에너지의 사용이 점차 늘어나고 있다.

## 과학 자료실

### 원자력 에너지

원자는 원자핵과 전자로 구성되어 있다. 원자핵은 (+)전하를 띠는 양성자와 전기를 띠지 않는 중성자로 이루어져 있으며, 원자핵 주위의 전자는 (−)전하를 띠고 있다.




❸ 원자의 구조

우라늄(U−235)과 같은 무거운 원자핵은 중성자를 흡수하면 원자핵이 쪼개지는데 이를 핵분열이라고 하며, 핵분열 시에 2~3개의 중성자와 함께 많은 에너지가 방출되는데 이를 원자력 에너지라고 한다. 예를 들어, 1 g의 우라늄이 모두 핵분열을 하면 석탄 3톤이 연소할 때 내는 에너지와 같은 에너지를 방출한다. 핵분열할 때 나온 중성자가 다시 다른 원자핵에 흡수되면 연쇄적으로 핵분열이 일어난다. 이때 핵분열이 서서히 일어나도록 하면서 필요한 만큼의 에너지를 안전하게 뽑아 전기를 생산할 수 있는데, 이러한 방식의 발전을 원자력 발전이라고 한다.

#### 우리 주변의 에너지

과거에는 물, 바람, 가축, 사람의 힘 등 여러 가지 에너지원이 있었지만 그중 가장 보편적으로 사용되어 온 자원은 나무이다. 인류는 나무를 태워서 난방을 하고 요리를 했으며, 밤을 밝히는 데에도 나무를 사용하였다.

하지만 문명이 발달하면서 에너지 소비가 점점 늘어나면서 그 수요를 감당할 수 없게 되었다. 이때 등장한 것이 석탄, 석유, 천연 가스와 같은 화석 연료이다. 화석 연료는 지각에 파묻힌 식물이나 동물의 유해가 오랜 세월에 걸쳐 화석화되어 만들어진 것으로, 여기에는 **화학 에너지**가 저장되어 있다.

**화학 에너지**
화학 결합에 의해 물질 속에 저장된 에너지로 화학 변화에 의해 다른 에너지로 전환될 수 있다.

석탄을 에너지로 사용함으로써 산업 혁명이 가능하였고, 이후 석유와 천연 가스가 발굴되면서 에너지의 사용량이 급격히 늘어났다. 이에 따라 화석 연료는 오늘날 인류가 가장 많이 사용하는 에너지가 되었다. 또 빛에너지, 열에너지, 전기 에너지 등 대부분의 에너지도 화석 연료로부터 얻고 있다.

**빛에너지**는 태양과 같은 광원에서 나오는 에너지로서, 어둠을 밝히거나 식물이 광합성을 하는 데에도 필요한 에너지이다. 인류 역사에서 불이 없던 시기에는 낮에만 활동이 가능하였지만 인위적으로 빛을 얻을 수 있게 되면서부터 활동 시간이 크게 증가하였다. 이를 통해 인류는 더 많은 자원과 지식을 얻을 수 있게 되었고, 문명을 더욱 발전시킬 수 있었다.

인간은 오감을 이용하여 외부로부터 각종 정보를 받아들이는데 눈으로 보는 시각적인 정보가 가장 큰 비중을 차지한다. 따라서 태양이나 전등에 의한 빛에너지는 일상적인 삶을 위해 매우 중요한 에너지라고 할 수 있다.



❸ 그림 Ⅱ-33 화학 에너지_ 바닷속 깊은 곳의 화석 연료에는 화학 에너지가 저장되어 있다.



❸ 그림 Ⅱ-34 빛에너지_ 인류는 빛에너지를 사용하면서 밤에도 왕성한 활동을 할 수 있게 되었다.

332 Ⅱ. 일과 에너지 전환

## 학습 자료실

### 화학 에너지

음식을 먹으면 음식이 소화 기관을 거쳐 분해되고 호흡 과정을 통해 생활에 필요한 에너지가 만들어진다. 또한 석탄과 석유, 천연가스 등이 연소할 때에도 에너지가 만들어진다. 이와 같이 물질 속에 저장된 에너지를 화학 에너지라고 한다.

식물이 광합성 작용에 의해 물과 이산화 탄소를 이용하여 탄수화물을 만들어 낼 때 흡수한 태양의 빛에너지를 화학 에너지로 전환하여 저장한다.

또 탄수화물을 연소시키면 물과 이산화 탄소로 분해되는데, 이때 화학 에너지는 열에너지로 방출된다.

### 빛에너지

빛이란 좁은 의미에서는 가시광선, 즉 사람이 볼 수 있는 400~700 nm의 파장을 가진 전자기파를 의미하지만, 넓은 의미에서는 $\gamma$선, X선, 자외선, 적외선, 전파 등 모든 종류의 전자기파를 의미한다. 빛은 전기 또는 자기를 띠는 물질이 가속 운동하면 발생하며, 매질이 없어도 전달된다.

또한 빛은 회절이나 간섭 현상을 일으키므로 파동성을 갖는다. 한편 빛은 입자성도 갖는데, 아인슈타인의 광양자설에 따라 빛을 일정한 에너지를 갖는 양자의 흐름으로 생각하였다.

빛에너지는 우리가 쓰는 대부분의 에너지의 근원으로서 열에너지나 화학 에너지, 운동 에너지 등으로 전환될 수 있다.

### 전기 에너지

전하가 주위에 전기장을 형성시킴으로써 발생되며, 전자의 이동을 통해 일을 하거나 다른 에너지로 전환될 수 있다. 전기 에너지의 단위는 일의 단위인 J(줄)과 같다.

전기 에너지는 전열기에서처럼 열에너지로 전환되기도 하고, 모터를 돌리는 경우에는 역학적 에너지로, 전구에서는 빛에너지로 전환되며, 축전기의 경우에는 화학 에너지로 전환되기도 한다.

전기 에너지는 전기 기구에 걸리는 전압이 클수록, 흐르는 전류가 셀수록, 사용 시간이 길수록 소비량이 커진다. 또한 전기 기구가 1초 동안에 소비하는 전기 에너지를 소비 전력이라고 한다.

**전기 에너지**는 전선을 통해 멀리 떨어진 곳에도 동시에 보낼 수 있다. 또한 열이나 빛, 운동 에너지와 같은 다양한 에너지로 쉽게 전환할 수 있다.

발전기가 발명되기 전에는 전지와 같은 장치를 통해 전기 에너지를 제한적으로만 사용할 수 있었다. 그러나 화력 발전, 수력 발전, 원자력 발전 등에 의해 대규모로 전기 에너지를 생산할 수 있게 되면서 인류는 매우 편리하게 에너지를 이용할 수 있게 되었다.

가정에서 사용하는 많은 전기 기구는 전기 에너지를 빛에너지, 열에너지, 운동 에너지 등 다른 에너지로 전환시켜 주는 장치라고 할 수 있다.



그림 Ⅵ-35 전기 에너지_ 우리가 사용하는 전기는 발전소에서 송전선을 거쳐 가정까지 운반된다.

**열에너지**는 물질의 온도를 높이는 데 필요한 에너지로서, 일반적으로 여러 가지 연료를 연소시켜 얻는다. 열에너지를 이용하여 우리는 음식을 익혀 먹고 난방을 하기도 한다. 열에너지는 빛에너지와 더불어 인간이 살아가는 데 필요한 가장 기본적인 에너지라고 할 수 있다.

**소리 에너지**는 물체의 진동에 의해 발생하는 에너지로서, 공기와 같은 매질을 통해 퍼져 나가는 특징이 있다. 또한 소리는 빛과 더불어 정보를 전달해 주는 매우 중요한 신호로 사용되고 있다.

잠깐 체크 물질의 온도를 높이는 데 필요한 에너지는 무엇인가?



그림 Ⅵ-36 열에너지_ 열에너지를 이용하여 음식을 익혀 먹을 수 있다.



그림 Ⅵ-37 소리 에너지_ 라디오 방송국에서는 소리를 통해 많은 사람에게 정보를 전달한다.

2. 에너지 전환 333

### ❀ 열에너지

뜨거운 물체와 차가운 물체를 접촉시키면 뜨거운 물체의 온도는 점점 내려가고, 차가운 물체의 온도는 점점 올라간다. 이는 뜨거운 물체에서 차가운 물체로 열이 이동하였기 때문이다. 즉, 열에너지는 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하며, 열의 양이 많다는 것은 온도를 변화시킬 수 있는 에너지가 많다는 것을 뜻한다. 열의 양을 재는 단위는 cal(칼로리)로, 1 cal는 물 1 g의 온도를 1℃ 올리는 데 필요한 열량이다. 또 열은 에너지이므로 에너지의 단위인 J을 사용하기도 한다. 열이 이동하는 방법에는 전도, 대류, 복사가 있으며, 대부분의 에너지는 최종적으로는 열에너지로 전환된다.

### ❀ 소리 에너지

물체의 진동이나 기체의 흐름에 의하여 발생하는 파동의 일종이다.

물체의 진동에 의한 소리를 고체음이라고 하며, 진동하는 물체의 모양과 종류에 따라 다른 소리가 난다.

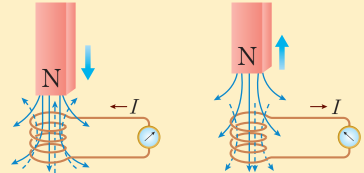
공기의 흐름에 의한 소리를 기류음이라고 하며, 기류의 빠르기와 형태에 따라 다른 소리가 난다.

소리의 세기는 dB(데시벨)로 나타내며, 0 dB은 사람이 들을 수 있는 가장 낮은 세기의 소리로, 10 dB씩 증가할 때마다 소리의 세기는 10배씩 증가한다. 10 dB은 0 dB보다 10배 큰 소리이고, 20 dB은 0 dB보다 100배 큰 소리이다.

### 심화 학습 발전의 원리

발전이란 코일을 통과하는 자기장을 변화시켜 코일에 전기를 만들어 내는 현상이다.

아래 그림과 같이 막대 자석을 코일 근처에서 운동시켜 코일 속을 지나는 자기력선에 변화를 주면 코일에 전류가 흐르게 된다.




유도 전류의 발생

이때 전류의 세기는 코일의 감은 횟수와 자기력선의 변화율에 비례하여 커진다. 또한 전류의 방향은 가까이 할 때와 멀리 할 때 반대가 되며, 자석의 극이 다를 때에도 반대가 된다.

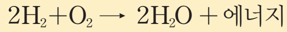
이와 같이 자기장의 변화에 의하여 도체에 기전력이 발생하는 현상을 전자기 유도라고 하며, 이때의 기전력을 유도 기전력, 흐르는 전류를 유도 전류라고 한다. 교류 발전기는 이 원리를 이용한 것으로 자기장 내에서 회전하는 코일을 이용한다. 코일은 터빈과 같은 회전 장치에 설치되어 있는데, 터빈을 회전시켜 주는 에너지원에 따라 화력 발전, 수력 발전, 원자력 발전 등으로 구분한다.



터빈

잠깐 체크

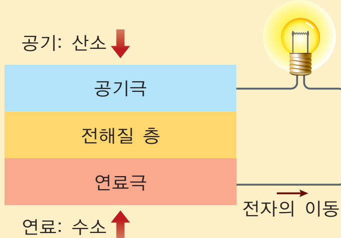
열에너지_ 열에너지를 이용하여 음식을 익혀 먹거나 난방 등을 할 수 있다.




수소와 산소의 산화·환원 반응으로 생기는 화학 에너지를 직접 전기 에너지로 변환시키는 기술이다.

$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O +$ 에너지

(1) **발전 원리** 연료극에 공급된 수소는 수소 이온과 전자로 분리된다. 수소 이온은 전해질 층을 통해 공기극으로 이동하고 전자는 외부 회로를 통해 공기극으로 이동한다. 공기극 쪽에서 산소 이온과 수소 이온이 만나 물을 생성한다.




Ⓐ 수소 - 산소 연료 전지

(2) **특징** 열손실이 적어 발전 효율이 높고, 연소 과정이 없으므로 공해가 적다. 또한 발전 규모 조절이 용이하고, 설치 장소의 제약이 적다.

(3) **이용 분야** 우주선, 자동차 등의 에너지원에 이용

**신·재생 에너지**

현재 사용하고 있는 화석 연료는 매장량이 점점 줄어들고 있으며, 대기 오염이나 지구 온난화와 같은 문제를 일으키고 있다. 따라서 세계 각국에서는 화석 연료를 대신할 수 있는 신·재생 에너지의 개발과 이용에 많은 노력을 기울이고 있다.

**신·재생 에너지**란 신에너지와 재생 에너지를 합한 말로 기존의 화석 연료를 변환시켜 이용하거나 태양, 바람, 물, 지열, 생물 유기체 등 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지를 의미한다.

신·재생 에너지는 화석 연료에 비해 에너지 밀도가 낮지만 버려지거나 쓰다 남은 자원을 활용하므로 환경 친화적인 에너지라고 할 수 있다.

❶ 표 II-1 신·재생 에너지의 종류

| 구분 | 종류 |
|---|---|
| 신에너지 | 연료 전지, 수소 에너지, 석탄 액화 및 가스화 |
| 재생 에너지 | 태양열 에너지, 태양광 에너지, 지열 에너지, 해양 에너지, 풍력 에너지, 수력 에너지, 바이오 에너지, 폐기물 에너지 |

(자료: 에너지 관리 공단)

**연료 전지** 연료 전지는 수소, 메테인, 메탄올 등의 연료가 가진 화학 에너지를 연소시키지 않고 직접 전기 에너지로 변환한다.

연료 전지는 보통의 전지와 원리는 같지만 연료 공급을 통해 전기를 계속 생산할 수 있다는 점이 다르다. 또한 공해와 소음이 없으며, 전기 생산 과정에서 발생한 열을 난방 등에 이용할 수 있어 효율이 높다. 이러한 연료 전지는 휴대용 전원, 연료 전지 자동차 등 여러 분야에서 차세대 에너지 자원으로 주목받고 있다.




❶ 그림 II-38 연료 전지 버스

334 II. 일과 에너지 전환

## | 관련 지식 |

### ❀ 수소를 저장하는 방법

수소 저장 기술은 수소를 고압으로 압축하여 저장하는 고압 수소 저장과 액화 상태로 저장하는 액체 저장, 다른 물질에 흡착시키거나 수소 화합물 형태로 저장하는 고체 저장 방법이 있다.

### ❀ 수소 에너지의 장점과 단점

① 장점: 자원 고갈의 우려가 없고, 기존 산업 시설을 이용할 수 있으며, 온실기체인 이산화 탄소를 배출하지 않는다.

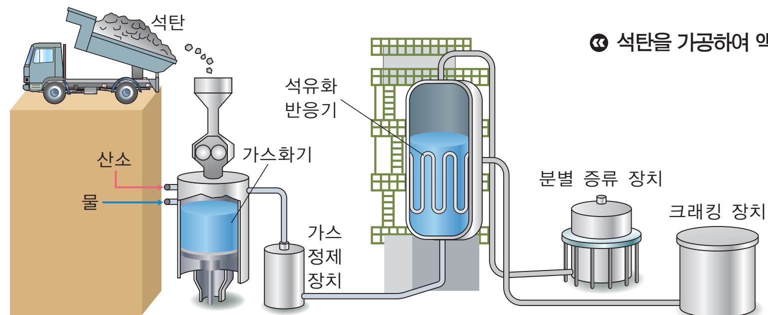
② 단점: 수소를 생산하는 데 드는 에너지가 수소를 연소시켜 얻을 수 있는 에너지보다 더 많이 필요하므로 에너지 효율이 낮다.

## 과학 자료실

### ❀ 석탄 액화 및 가스화

(1) **석탄 액화 기술** 고체 연료인 석탄을 휘발유 및 디젤유 등의 액체 연료로 전환시키는 기술로, 고온·고압의 상태에서 용매를 사용하여 전환시키는 직접 액화 방식과 석탄 가스화 후 촉매 상에서 액체 연료로 전환시키는 간접 액화 방식이 있다.

(2) **석탄 가스화 기술** 석탄을 고온·고압의 가스화기에서 가스화시켜 수소와 일산화 탄소가 주성분인 합성 가스를 만들어 정제 공정을 거친 후 터빈을 돌려 발전하는 기술이다.




Ⓒ 석탄을 가공하여 액화하는 장치

**수소 에너지** 수소 에너지는 수소를 기체 상태에서 연소시킬 때 발생하는 폭발력을 기계적 운동 에너지로 변환하여 활용하거나, 수소를 분리하여 이용하는 에너지이다.

수소 에너지는 물로부터 수소를 생산하여 다시 물을 생성하는 순환 과정을 기본으로 하고 있어 자원 고갈의 염려가 없다.




❸ 그림 Ⅵ-39 물 분자 모형_ 물로부터 수소를 얻는다.

**석탄 액화 및 가스화** 석탄 액화 기술은 고체 연료인 석탄을 고온·고압 상태에서 용매에 녹여 액체 연료로 전환하는 기술이다. 이렇게 만들어진 액체 연료는 자동차의 연료로도 사용이 가능하다.

석탄 가스화 기술은 석탄을 이용하여 수소와 이산화 탄소 등의 혼합 가스를 생성하고 혼합 가스로 가스 터빈 및 증기 터빈을 구동하여 전기를 생산하는 새로운 발전 기술이다.

석탄 액화 및 가스화 기술을 통해 석탄 화력 발전의 열효율을 높일 수 있을 뿐만 아니라 이산화 탄소의 배출도 크게 줄일 수 있다.

**태양열 에너지** 태양열은 흡수, 저장, 열 변환 등을 통하여 건물의 냉난방이나 급탕 및 발전 등에 이용할 수 있다. 특히 태양열 에너지는 다른 신·재생 에너지 설비에 비해 설치가 간단하고 경제적이어서 보급률이 높다. 태양열 이용 시스템은 집열부, 축열부, 이용부로 구성되는데, 이 중 집열부는 태양으로부터 오는 에너지를 모아서 열로 변환하는 장치로서 가장 중요한 부분이다.

태양열은 에너지 밀도가 낮고, 계절이나 시간별 변화가 심하기 때문에 에너지를 효과적으로 모으고 이를 저장하는 기술이 중요하다.

태양열 에너지



**태양광 에너지** 태양광 발전은 태양광을 직접 전기 에너지로 변환시키는 방법으로서, 햇빛을 받으면 전기를 발생시키는 태양 전지를 이용한다.

태양 전지는 에너지 변환 단계가 적기 때문에 에너지 전환 효율이 높다.

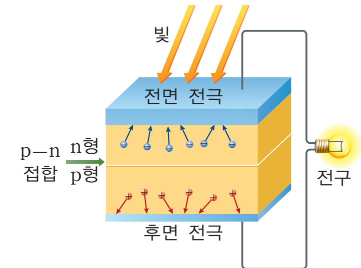


그림 Ⅵ-40 태양광 에너지 ❹



**참고 자료** 태양 전지

전기적 성질이 다른 n형 반도체와 p형 반도체를 접합시킨 장치인 p−n접합에 빛을 비추면 광전 효과에 의해 전기가 만들어지는 원리를 이용한다.




❹ 태양 전지의 원리

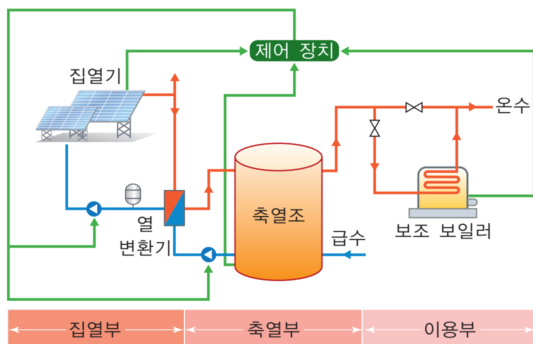
태양 전지에 흡수된 햇빛이 가지고 있는 에너지에 의해 반도체 내에서 (+)전하 역할을 하는 양공(hole)과 (−)전하를 띠는 전자가 발생한다. 이때 전자는 n형 반도체 쪽으로, 양공은 p형 반도체 쪽으로 모이게 되어 전위차가 발생하게 된다. 따라서 앞면과 뒷면에 붙여 만든 전극에 전구나 모터와 같은 전기 기구를 연결하면 전류가 흐르게 되는데, 이것이 태양 전지에 의한 태양광 발전의 기본 원리이다.

**학습 자료실**

### 태양열 에너지

태양 복사 에너지를 이용하는 기술로, 핵심 기술은 태양열 집열 기술, 축열 기술, 시스템 제어 기술, 시스템 설계 기술 등이 있다.

**(1) 시스템 구성**




❺ 태양열 이용 시스템

① **집열부:** 태양열을 모으는 부분으로, 집열 온도는 집열기의 열 손실률과 집광 장치의 유무에 따라 결정된다.

② **축열부:** 집열 시점과 집열량이 이용 시점과 부하량에 일치하지 않기 때문에 필요한 일종의 열 저장 탱크이다.

③ **이용부:** 태양열 축열조에 저장된 태양열을 효과적으로 공급하고 부족할 경우 보조 열원에 의해 에너지를 공급한다.

④ **제어 장치:** 태양열을 효과적으로 집열 및 축열하고 공급하기 위한 장치로, 태양열 시스템의 성능 및 신뢰성 등에 중요한 역할을 한다.

**(2) 태양열 이용 기술의 분류** 태양열 시스템은 열매체의 구동 장치(펌프 또는 팬)의 유무에 따라 자연형과 설비형으로 구분된다.

① **자연형:** 온실과 같이 남쪽 창문이나 벽면 등 주로 건물 구조물을 활용하여 태양열을 집열하는 방식이다.

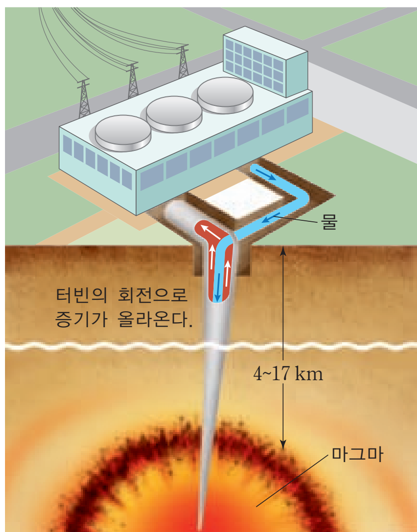
② **설비형:** 집열기를 별도로 설치하고 펌프와 같은 열매체의 구동 장치를 활용하는 방식이다. 일반적으로 태양열 시스템은 설비형을 의미한다.




### ❀ 지열 에너지

토양이나 지하수, 지표수 등 지구 내부의 물이나 마그마가 가지고 있는 열에너지이다. 온도에 따라 중온(10~90℃) 지열 에너지와 고온(120℃ 이상) 지열 에너지로 구분할 수 있다.

지열 기술은 직접 이용 기술과 간접 이용 기술로 구분하는데, 열을 생산하면 직접 이용이고, 전기를 생산하면 간접 이용이다. 간접 이용은 화산 지대에서 유리하기 때문에 지리적 제약이 크다.



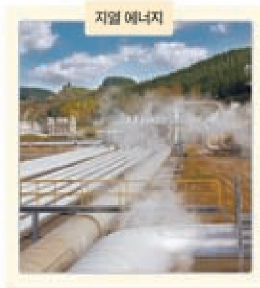

❷ 지열 발전 모형도(마그마 발전)

### ❀ 수력 에너지

수력 발전은 물의 흐름 및 위치 에너지를 이용하여 발전하는 방식이다.

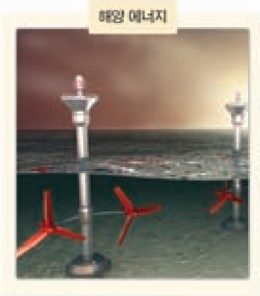
수력 발전 시스템은 하천이나 수로에 댐이나 보를 설치하고 발전소까지 물을 유동하는 수압관로, 물의 낙차로 전기를 생산하는 수차 발전기, 생산된 전기를 공급하기 위한 송 · 변전 설비, 출력 제어를 위한 감시 제어 설비, 유수를 차단하기 위한 밸브 설비 등으로 구성되어 있다.

수력 발전에서 가장 중요한 설비는 수차인데, 충동 수차와 반동 수차가 있다. 충동 수차는 수차가 물에 완전히 잠기지 않고 수차의 일부 방향에서만 물이 공급된다. 반동 수차는 수차가 물에 완전히 잠기며 수차의 원주 방향에서 물이 공급된다.

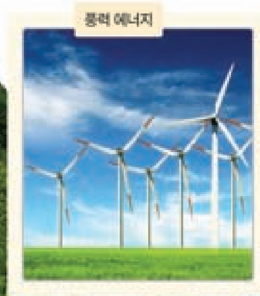



**지열 에너지** 지열 에너지는 지하 수 미터에서 수 킬로미터 깊이에 존재하는 뜨거운 물이나 마그마가 가진 열이 지표면으로 나오는 것을 말한다. 이러한 지열 에너지는 냉난방이나 발전에 활용할 수 있다.

지열 발전으로 전기를 생산하는 방법은 비교적 간단하고, 쓰고 남은 열을 이용하여 지역 난방을 할 수 있는 장점이 있다. 그러나 지열 발전이 가능한 지역이 한정되어 있다는 단점이 있다.




**해양 에너지** 해양 에너지는 바다에서 일어나는 조석, 파도, 온도 차 등으로부터 얻어지는 에너지를 말한다. 해양 에너지에는 밀물과 썰물 때 해수면의 높이 차이를 이용하여 전기 에너지를 얻는 조력 발전, 해안으로 밀려오는 파도의 에너지를 이용하는 파력 발전, 해저층과 해수 표면층의 온도 차에 의해 발생한 열에너지를 이용하는 온도 차 발전 등이 있다.




**풍력 에너지** 바람이 가진 운동 에너지를 이용하여 전기 에너지를 생산할 수 있다. 특히 우리나라는 해안선이 길고 바람이 많이 부는 산이 많아 풍력 발전을 하기에 유리한 조건을 가지고 있다.

풍력 발전은 환경에 미치는 영향이 적고 국토를 효율적으로 이용할 수 있는 발전 방식이다. 그러나 발전을 할 수 있을 정도의 강한 바람이 항상 부는 것이 아니므로 에너지를 저장하기 위한 충전 기술이 필요하다.

**수력 에너지** 수력 발전은 개천이나 강, 호수에 물이 흐르면서 생기는 운동 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 발전 방식이다. 특히 10,000 kW 이하의 소규모 수력 발전을 소수력 발전이라고 한다.

소수력 발전은 전력 생산 외에도 농업용 저수지나 보, 하수 처리장, 정수장 등에도 적용할 수 있기 때문에 개발 가치가 풍부한 청정 자원으로 평가받고 있다.







### ❀ 해양 에너지의 종류

(1) **조력 발전** 조석 간만의 차에 의한 해수면의 상승 · 하강 운동을 이용하여 전기를 생산한다. 입지 조건은 평균 조차가 3 m 이상이고 폐쇄된 만의 형태이어야 한다.

(2) **파력 발전** 연안 또는 심해의 파랑 에너지를 이용하여 전기를 생산한다. 입지 조건은 육지에서 30 km 미만의 거리가 좋으며, 수심 300 m 미만인 해상으로 항해, 항만 기능에 방해가 되지 않아야 한다.

(3) **온도 차 발전** 해양 표면층의 온수와 심해 500~1,000 m 정도의 냉수와의 온도 차를 이용하여 열에너지를 기계적 에너지로 변환시켜 발전하는 기술이다. 연중 표층수와 심층수 사이의 온도 차가 17℃ 이상인 기간이 많아야 한다.

(4) **조류 발전** 해수의 움직임에 따른 운동 에너지를 이용하여 전기를 생산한다. 조류의 흐름이 2 m/s 이상이고 조류 흐름의 특징이 분명한 곳이 좋다.



❷ 조류 발전 시스템(모형도)

**바이오 에너지** 바이오 에너지는 동식물에 존재하는 유기물로부터 얻는 에너지로 나무로부터 얻는 펠릿, 식물성 기름으로부터 얻는 바이오 디젤, 사탕수수나 밀 등으로 만든 바이오 에탄올, 음식물 쓰레기와 퇴비 및 가축 배설물을 발효시켜 얻는 메테인 가스 등이 있다.

바이오 에너지는 직접 에너지로 사용할 수 있고, 연소시켜 열, 증기, 전기를 생산하는 데 이용하기도 한다. 바이오 에너지는 다양한 방면에 폭넓게 사용할 수 있는 가능성 때문에 미래의 에너지로 각광받고 있다.




그림 Ⅱ-41 바이오 에너지의 생산 과정

**폐기물 에너지** 폐기물 에너지란 사업장 또는 가정에서 버려지는 여러 가지 폐기물로부터 얻는 에너지를 말한다. 폐기물 에너지는 폐기물을 이용하므로 자원의 재활용과 환경 보존이라는 측면에서 큰 의미가 있다.

특히 우리는 생활하면서 많은 양의 음식물 쓰레기를 배출한다. 이러한 음식물 쓰레기를 그냥 소각하거나 매립하면 대기나 토양을 오염시킬 수 있다. 그러므로 이를 유용한 에너지 자원으로 활용하는 기술은 매우 중요하다.




그림 Ⅱ-42 폐기물 에너지의 생산 과정

잠깐 체크 신 · 재생 에너지 중에서 신에너지에 속하는 세 가지는 무엇인가?

**에너지와 미래 생활**

인류는 에너지를 사용하여 문명을 발전시켜 왔으며, 미래에도 에너지는 인류 발전에 중요한 역할을 할 것이다. 그러나 석유와 같은 화석 연료는 환경 오염, 지구 온난화 등과 같은 심각한 문제를 일으키고 있다. 또 화석 연료는 매장량이 한정되어 있으므로 머지않아 고갈될 수 있다.

특히 우리나라는 에너지 자원이 부족하여 필요한 에너지의 대부분을 외국에서 수입해서 쓰고 있다. 따라서 미래에도 지속 가능한 발전을 위해서는 에너지를 외국에 의존하지 않는 에너지 자립 국가를 만들어야 한다. 이러한 에너지 자립을 위해서는 화석 연료가 아니라 재생 가능한 에너지를 최대한 활용해야 한다.



337



❀ **바이오 에너지**

바이오 에너지 이용 기술이란 바이오매스를 직접 이용하거나 생 · 화학적, 물리적 변환 과정을 통해 액체, 가스, 고체 연료나 전기 · 열에너지 형태로 이용하는 화학, 생물, 연소 공학 등의 기술을 말한다.

(1) **바이오매스(Biomass)** 태양 에너지를 받은 식물과 미생물의 광합성에 의해 생성되는 식물체 · 균체와 이를 먹고 살아가는 동물체를 포함하는 생물 유기체이다.

(2) **바이오 에너지 기술** 바이오 액체 연료 생산 기술, 바이오매스 가스화 기술, 바이오매스 생산 · 가공 기술 등이 있다.

❀ **폐기물 에너지**

국내 신 · 재생 에너지 공급량의 약 78 %를 차지하는 중요한 에너지이다.

(1) **폐기물 에너지화 기술** 폐기물을 수거하여 그대로 소각로에서 소각하고 이때 발생하는 폐열을 바로 활용하는 소각 보일러 방법과 폐기물을 물리 · 화학적으로 가공하여 기존 화석 연료와 비슷한 폐기물 재활용 연료를 생산하는 기술이 있다.

(2) **폐기물 에너지의 종류**

① **성형 고체 연료**: 종이, 나무, 플라스틱 등의 가연성 폐기물을 파쇄 · 분리 · 건조 · 성형 등의 공정을 거쳐 제조한다.

② **폐유 정제유**: 자동차 폐윤활유 등의 폐유를 이온 정제법, 열분해 정제법, 감압 증류법 등의 공정으로 정제하여 생산한다.

③ **플라스틱 열분해 연료유**: 플라스틱, 합성수지, 고무, 타이어 등의 고분자 폐기물을 열분해하여 생산한다.

④ 이 밖에 가연성 폐기물의 소각열을 회수하여 증기 생산 및 발전, 철광석 소성로 등의 열원으로 이용한다.

❀ **풍력 에너지**

풍력 발전은 바람이 가지는 운동 에너지를 전기 에너지로 변환하여 전력을 생산하는 시스템이다. 인류는 바람을 에너지원으로 다양하게 활용하여 왔다. 고대부터 양수와 제분의 용도로 사용되었던 풍차는 바람의 힘을 단지 기계적 에너지로 변환하는 장치였다.

전기의 발견과 발전기의 발명으로 인하여 바람으로 이용하여 전력을 생산하는 풍력 발전기가 등장하게 되었다. 풍력은 신 · 재생 에너지의 대표적인 에너지원으로서 재생 가능한 에너지 자원을 거의 무한정 이용할 수 있고 이산화 탄소나 방사선 폐기물과 같은 환경 오염 물질을 배출하지 않는 무공해 천연 에너지이다. 지구 온난화에 대한 환경 문제와 화석 연료 고갈에 따른 에너지 문제를 해결하기 위한 방안으로 신 · 재생 에너지의 사용이 주목받고 있으며, 여러 에너지원 중에서 풍력 에너지가 가장 큰 잠재력을 가지고 있다.



풍력 발전

**잠깐 체크**

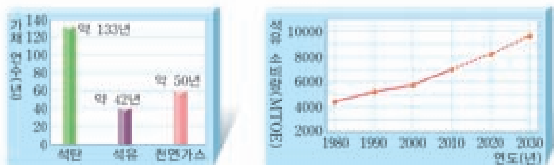
신에너지 세 가지는 연료 전지, 수소 에너지, 석탄 액화 및 가스화이다.

## 해 보기 석유가 사라진다면? (조사)

**|과정|**

다음은 주요 화석 연료의 가채 연수와 석유 소비량을 그래프로 나타낸 것이다.

**용어 가채 연수**
자원의 확인된 매장량을 연간 생산량으로 나눈 수치




(자료: 지식 경제부, 2010년)

**용어 TOE**
석유 1톤을 연소할 때 발생하는 에너지로, 석유 환산톤이다.
1 MTOE=1백만 TOE

**|해석|** 창의 · 인성

1 석유 자원의 매장량은 한정되어 있지만 석유의 소비량은 계속 늘어나고 있다. 이에 따른 문제점을 조사해 보자.

2 시간의 흐름에 따라 나타나는 화석 연료의 부족 현상은 우리 삶에 어떤 변화를 줄 것인지 생각해 보자.

화석 연료가 점점 고갈되면서 세계 각국의 에너지 자원 확보 경쟁은 갈수록 심화되고 있다. 따라서 모든 인류가 환경을 오염시키지 않으면서 풍족하게 사용할 수 있는 신 · 재생 에너지를 개발하고 발전시키는 일은 매우 중요하다.

최근에는 에너지 자립을 위해 개별적으로 노력하는 사람들도 늘어나고 있다. 이들은 주택을 태양열로 난방하거나 태양 전지나 풍력 발전으로 전기를 만든다. 또한 가축 분뇨의 처리 과정에서 생긴 가스로 요리를 하는 등 에너지를 외부에 의존하지 않는 것이 가능함을 보여 주고 있다. 이러한 노력은 개인뿐만 아니라 국가 차원으로 이루어져야 한다.

신 · 재생 에너지는 환경 친화적이고 자원이 비교적 풍부하지만 이를 효율적으로 사용하기 위해서는 추가적인 시설과 장치 및 지속적인 관리가 필요하다. 또한 신 · 재생 에너지 역시 무한한 것은 아니므로 낭비하지 않고 절약해서 사용해야 한다.

| 자기 주도 학습 | 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술 연관 찾기 |
|---|---|---|---|
| | 나무를 태우면 어떤 에너지를 얻을 수 있는가? | 전기가 공급되기 어려운 산골이나 외딴섬에서 사용할 수 있는 신 · 재생 에너지에는 어떤 것이 있는지 알아보자. | 태양광 발전에 이용되는 태양 전지의 원리에 대하여 조사해 보자. |

338 Ⅱ. 일과 에너지 전환

## 해 보기 (조사)

**|해석|** 창의 · 인성

1 석유 자원의 매장량은 한정되어 있는데 석유 소비량이 계속 증가하면 석유 가격이 폭등하여 경제 불안이 심화되고, 결국 국제 분쟁이 일어날 가능성이 높아진다.

2 화석 연료의 부족은 연료와 석유 화학 제품의 가격 폭등, 경제 불안, 국제 분쟁 등의 문제점을 초래해 생활에 큰 불편과 불안 요인이 될 것이다. 이에 따라 결국 미래에는 화석 연료를 대신할 신 · 재생 에너지의 사용을 늘리는 방향으로 기술 개발이 이루어질 것이다.

※ 질문을 통해 학생들이 창의 · 인성을 키울 수 있도록 지도한다.

### 관련 지식

**❀ 원유란?**

땅속에서 나오는 기름을 원유라 하고, 이를 정제한 것을 석유 제품이라고 한다. 휘발유, 경유, 중유 등이 석유 제품이다.

원유는 생산지에 따라 이름이 붙는데, 가장 대표적인 것은 서아시아 지방에서 생산되는 두바이 유, 영국 북해에서 생산되는 브렌트 유, 미국 서부 텍사스에서 생산되는 중질유인 WTI(West Texas Intermediate) 유 등이 있다. 우리나라는 주로 두바이 유를 수입한다.



⊙ 원유 채취

**❀ 석유의 이용**

탄화 수소의 혼합물인 석유를 정제하여 석유 가스, 나프타, 가솔린, 등유, 경유, 중유, 윤활유 등의 석유 제품을 만든다. 나프타는 다시 분해하여 주로 에틸렌, 프로필렌, 벤젠, 톨루엔 등의 원료를 만들고, 이를 이용하여 합성수지, 합성 섬유, 합성 고무, 농약, 의약품, 화장품 등의 화학 제품을 만든다.

### 자 · 기 · 주 · 도 · 학 · 습

**▶ 개념 확인하기**

나무를 태우면 열에너지와 빛에너지를 얻을 수 있다.

**▶ 생활 속 문제 해결하기**

외부에서 전기가 공급되기 어려운 지역에서는 자체적으로 전기를 생산해야 하는데, 태양 전지를 이용한 태양광 발전이나 바람을 이용한 풍력 발전이 비교적 쉽게 활용할 수 있는 에너지이다.

**▶ 과학과 기술 연관 찾기**

태양 전지는 빛에너지를 전기 에너지로 변환시키는 장치이다. 주로 반도체를 이용하는데, 태양 전지에 빛을 비추면 빛에너지를 받은 전자가 반도체 내부의 전극으로 이동함에 따라 전압이 발생하는 원리를 이용한다.



⊙ 태양광 발전

보충·심화

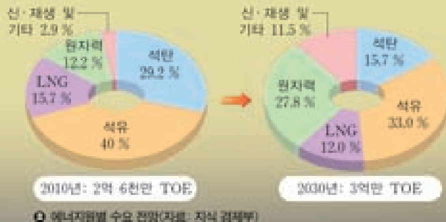
# 탄소 제로 도시를 꿈꾸며……



탄소 제로 도시란 화석 연료를 전혀 사용하지 않고, 온실기체 배출량만큼 청정에너지를 생산하는 도시이다. 탄소 제로 도시에서는 건물, 발전 설비, 교통 시스템 등과 관련하여 자체적으로 종합적인 온실기체 절감 대책을 세우고, 탄소 제로를 향한 노력을 기울여 나가고 있다.

탄소 제로 도시의 대표적인 사례는 영국의 '베드제드'이다. 2002년 영국 남부 도시인 베딩턴 시의 오물 처리장을 매립해 100가구 규모의 친환경 주거 단지로 조성된 베드제드는 건물 지붕 위에 설치한 닭 벗 모양의 환기구로 유명하다. 이 환기구는 바람에 따라 회전하면서 건물의 공기를 순환시키고, 건물 내부의 적정 온도를 유지한다. 이 환기구가 설치된 건물들은 빗물과 오수를 재활용하고, 에너지를 덜 사용할 수 있도록 고효율의 단열재로 설계되어 있다. 또한 도시 내에는 폐목재 등을 사용하는 열병합 발전소와 주민이 공동으로 사용할 수 있는 전기 자동차 충전소를 설치했다. 이와 같이 온실 기체 배출을 최소화하려는 시도는 최근 큰 성공을 거두고 있다. 베드제드의 성공에 힘입은 영국 정부에서는 향후 주택 건립 계획에 베드제드 사례를 적극 반영하겠다는 계획을 세워 놓고 있다.

우리나라에서는 2008년 8월에 발표된 국가 에너지 기본 계획에서 '녹색 성장을 구현하는 에너지 비전'을 제시하고, 2030년까지 신·재생 에너지의 보급률을 11 %까지 높이는 것을 목표로 하고 있다. 그 이유는 기후 변화에 대응하는 지속적인 에너지원으로서뿐만 아니라 녹색 성장을 선도하는 차세대 성장 동력으로서 신·재생 에너지의 중요성이 부각되고 있기 때문이다.




▲ 에너지원별 수요 전망(자료: 지식 경제부)



영국의 베드제드





## 과학 돋보기

❀ **베드제드(Beddington Zero Energy Development: Bed ZED)**

영국의 환경 컨설턴트 회사인 바이오리즈널 리클레임드와 건축가 빌 던스터가 설계한 베드제드는 최적의 조건에서 최대한의 에너지를 절약하고 토지를 사용한다는 단순한 아이디어를 기본으로 하였다. 이 단지는 82개의 아파트 주택, 복층 아파트, 타운 하우스, 그리고 복지 회관과 탁아소를 포함한 작업 공간으로 이루어졌다.

베드제드의 최우선 목적은 소모되는 만큼의 에너지를 새롭게 다시 만들어 낼 수 있는 공간으로 설계하는 것이었다. 주택들은 전체적으로 20° 기울어진 남향으로 지었으며, 주거 공간은 대부분 앞에 펼쳐져 있는 정원을 넘어 남쪽을 바라보도록 배치하였고, 삼중으로 된 지붕의 채광창을 통해 실내로 들어온 고에너지의 태양 빛은 오랫동안 보존되어 에너지 효율을 높이는 역할을 한다.

주택은 연달아 여섯 채 이상 나열하여 짓지 않았으며, 주택 사이에는 충분한 여유 공간을 두어 걷거나 자전거를 이용하는 보행자들이 쉽게 지나다닐 수 있도록 하였다. 보행자를 중시하는 환경 친화적인 운송 설계에 따라 자가용은 이 지역의 일정 경계선 부분까지만 들어올 수 있도록 제한하였다. 또한 모든 주택에는 물과 쓰레기를 재활용할 수 있는 시설과 나무 조각들을 태워 에너지를 공급할 수 있도록 열과 전력을 결합하는 시설도 함께 설치되었다.

## 용어 설명

**전하** 전기 현상의 원인이 되는 성질로, (+)전하와 (−)전하의 두 종류가 있다. (+)전하의 본질은 원자핵 속에 들어 있는 양성자이고, (−)전하의 본질은 전자이다. 전하가 이동하는 것이 전류이다.

**산화·환원 반응** 물질 사이의 전자 이동으로 일어나는 반응으로, 전자를 잃은 쪽은 산화되며 전자를 얻은 쪽은 환원된다. 물질이 이온으로 되었을 때 전하량을 산화수라고 하는데, 산화된 쪽은 산화수가 증가하고 환원된 쪽은 산화수가 감소한다.

산화·환원 반응에서 각 원소의 산화수를 계산하면 어떤 물질이 산화되었고 환원되었는지를 알 수 있다. 자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질을 산화제, 반대로 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질을 환원제라고 한다.

**열효율** 열을 이용하여 일을 하는 장치에서 공급한 열량에 대해 유효하게 일로 전환된 비율을 말한다.

**마그마** 암석이 지하에서 고온으로 가열되어 용융된 것으로, 휘발 성분이 포함되어 있다. 화산에서 분출될 때에는 주위의 암석보다 비중이 가벼워 서서히 상승하여 마그마 굄을 이루었다가 지표로 분출된다.

**조석** 달과 태양의 인력으로 지구에 기조력이 발생하여 해수면이 1일 2회 주기적으로 오르내리는 현상을 말한다.

해수면이 가장 높을 때를 만조, 가장 낮을 때를 간조라고 하며, 만조와 간조 사이의 해수면의 높이 차를 간만의 차 또는 조차라고 한다.

**찾아보기**

- 지식 경제부
  http://www.mke.go.kr
- 한국 석유 공사
  http://www.knoc.co.kr

# 2-2 에너지 전환과 보존

## 학습 내용 안내

(1) 에너지 전환의 의미를 이해하고, 일상생활에서 에너지 전환의 예를 찾을 수 있다.

(2) 에너지 전환 과정에서 에너지가 보존됨을 안다.

## 학습 전개

에너지는 소멸되는 것이 아니라 한 형태에서 다른 형태로 전환됨을 이해하게 한다.



일상생활에서 에너지가 전환되는 예를 조사해 보게 한다.



에너지가 전환되는 과정에서 그 총량이 보존됨을 이해하게 한다.



에너지가 보존됨에도 불구하고 에너지를 절약해야 하는 이유를 생각해 보게 한다.

## 지도상 유의점

에너지가 전환되는 예를 설명하는 과정에서 미처 생각하지 못한 다양한 형태의 에너지로도 전환될 수 있으므로 열린 생각으로 학생들의 의견에 귀를 기울이며, 학생들이 발표하는 과정에서 정확한 용어를 사용하도록 지도한다.

### 찾아보기

- 국립 중앙 과학관 http://www.science.go.kr
- 사이언스올 http://www.scienceall.com
- 에너지 관리 공단 http://www.kemco.or.kr
- 수학 없는 물리(2010), Paul G. Hewitt, Pearson Education Korea



# 2-2 에너지 전환과 보존

**학습 목표**

- 에너지 전환의 예를 일상생활에서 찾을 수 있다.
- 에너지 전환 과정에서 에너지가 보존됨을 설명할 수 있다.



영희가 스마트폰으로 동영상 강의를 보고 있다. 스마트폰 화면에서는 말쑥하게 차려입은 선생님의 모습이 보이고, 스피커에서는 선생님의 열정적인 목소리가 들려온다. 또, 사용 중인 스마트폰을 손으로 만져 보면 따뜻하다.

스마트폰에서 나오는 빛에너지, 소리 에너지, 열에너지는 어떻게 만들어질까?

### 에너지 전환

우리는 항상 에너지를 이용하며 살아간다. 에너지를 이용한다는 것은 에너지를 사용하여 없어지게 하는 것이 아니라 에너지를 한 형태에서 다른 형태로 전환하는 것이다. 예를 들어 밥을 먹고 노래를 부르며, 자전거를 타는 경우를 생각해 보자. 밥 속의 화학 에너지는 노래를 부를 때의 소리 에너지와 근육의 화학 에너지, 몸에서 발생하는 열에너지 등으로 전환된다. 또 자전거를 타고 가는 동안 근육의 화학 에너지는 자전거의 운동 에너지나 바퀴와 도로의 마찰에 의해 발생하는 열에너지 등으로 전환된다.




❸ 그림 II-43 일상생활을 하는 동안 일어나는 에너지 전환







### 과학 돋보기

**❀ 에너지 전환**

우리가 사용하는 에너지는 소멸되는 것이 아니라 한 형태에서 다른 형태로 전환된다. 이를 에너지 전환이라고 한다.

**❀ 일상생활에서 에너지 전환의 예**

**(1) 우리 몸속에 음식물로 섭취한 화학 에너지의 전환**

① 노래를 부를 때: 소리 에너지

② 근육을 움직일 때: 운동 에너지

③ 몸에서 발생하는 열: 열에너지

**(2) 스마트폰의 배터리에 저장된 전기 에너지의 전환**

① 스마트폰의 화면을 표시할 때: 빛에너지

② 스피커에서 소리가 나올 때: 소리 에너지

③ 스마트폰이 진동할 때: 운동 에너지

④ 사용 중인 스마트폰이 따뜻해질 때: 열에너지

우리는 여러 가지 에너지 전환 장치들을 이용하여 생활에 유용한 에너지를 얻는다. 예를 들어 텔레비전에서는 전기 에너지가 빛에너지와 소리 에너지로 전환되고, 전등에서는 전기 에너지가 빛에너지로 전환된다. 그러나 이러한 에너지 전환 과정에는 열이나 소음처럼 원하지 않는 에너지로의 전환도 일어난다.

이렇게 우리가 이용하는 에너지는 새롭게 만들어지는 것이 아니라 이미 있던 에너지가 전환되는 것으로서, 이용한 후에도 없어지지 않고 다른 에너지로 전환된다.

잠깐 체크 한 형태의 에너지가 다른 형태의 에너지로 바뀌는 현상을 무엇이라고 하는가?



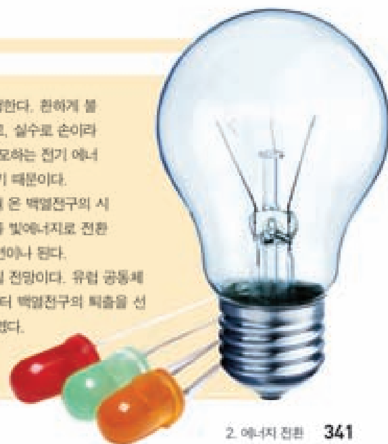

그림 Ⅵ-44 전기 기구의 에너지 전환

과학 자료실 백열전구야, 잘 가!

백열전구는 불빛의 색조도 따뜻하지만, 실제로도 열이 많이 발생한다. 환하게 불을 밝히고 있는 백열전구에 손을 가까이 하면 따뜻함을 느낄 수 있고, 실수로 손이라도 닿으면 손을 데일 수도 있다. 이렇게 백열전구가 뜨거운 것은 소모하는 전기 에너지의 약 5 %만 빛에너지로 전환되고, 나머지는 열에너지로 방출되기 때문이다.

그러나 LED 조명이 발명되면서 지난 100년간 인류의 밤을 밝혀 온 백열전구의 시대가 막을 내리고 있다. 현재 LED 조명은 전기 에너지의 40 %를 빛에너지로 전환할 수 있고, 이론적으로는 90 %까지도 가능하다. 또한 수명도 20년이나 된다.

LED 조명이 대중화됨에 따라 전 세계적으로 백열전구가 퇴출될 전망이다. 유럽 공동체(EU)에서는 2012년부터, 오스트레일리아 정부에서는 2013년부터 백열전구의 퇴출을 선언하였다. 우리나라도 2013년부터 백열전구를 퇴출한다고 발표하였다.



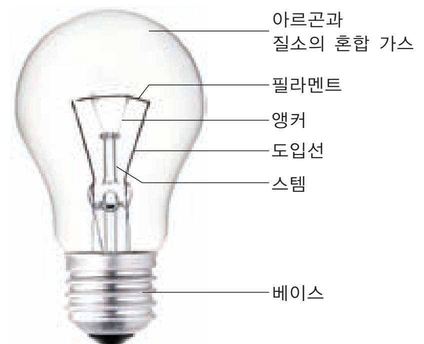


**잠깐 체크**

한 형태의 에너지가 다른 형태의 에너지로 바뀌는 현상을 에너지 전환이라고 한다. 에너지 전환 중 운동 에너지와 위치 에너지 사이의 전환을 역학적 에너지의 전환이라고 한다.

## 과학 돋보기

### 백열전구의 구조




(1) **필라멘트** 빛을 내는 부분으로, 텅스텐 선을 코일 모양으로 감아서 사용한다.

(2) **앵커** 필라멘트가 유리구 안의 바른 위치에 있도록 고정시킨다.

(3) **도입선** 베이스와 필라멘트를 연결하는 부분으로, 바깥쪽과 안쪽 도입선이 있다.

(4) **베이스** 전구를 소켓에 끼우는 부분

## 참고 자료 다양한 조명의 원리

(1) **백열전구** 모든 물체는 온도가 올라가면 열복사가 일어나며 빛을 내게 되는데, 백열전구 또한 저항체인 필라멘트에 전류를 흘려주어 열이 발생하면 온도가 높아져 흰색의 빛을 내게 된다.

(2) **형광등** 형광등은 진공 유리관에 소량의 수은 증기와 방전을 쉽게 하기 위한 아르곤 가스를 넣고 봉한 다음 양 끝에 전극을 붙인 것으로, 이 전극 사이에 높은 전압을 걸어 주면 방전이 일어나 전자가 튀어나오고 이 전자로부터 에너지를 얻은 수은이 자외선 영역의 빛을 내게 된다.

이 자외선이 유리관 안쪽의 형광 물질과 반응하면 형광 물질에서는 가시광선이 나오는데, 이때 자외선과 가시광선의 에너지 차이만큼 열이 발생하게 된다.

(3) LED(Light Emitting Diode: **발광 다이오드**) LED는 빛을 내는 다이오드로 전자와 정공이 p형 반도체와 n형 반도체의 접합부 부근에서 결합할 때 에너지 차이에 해당하는 파장의 빛이 나온다. 이때 나오는 빛의 색깔은 사용되는 재료에 따라 달라지며, 전자가 가지는 에너지가 직접 빛에너지로 전환되기 때문에 열이 발생하지 않는다.

또한 백열전구나 형광등과 달리 자외선이나 적외선을 포함하지 않는 빛을 얻을 수 있기 때문에 자외선에 민감한 문화재나 예술 작품의 조명 등에 사용된다.



형광등 LED등

## 과학 자료실

### ❀ 여러 가지 발전 방식과 에너지 전환

(1) **화력 발전**　화석 연료에 저장되어 있던 화학 에너지가 연소 과정을 통해 열에너지로 전환되고, 다시 다양한 방식으로 역학적 에너지로 전환된 후 이 에너지가 발전기에서 전기 에너지로 전환된다.

(2) **수력 발전**　높은 곳(댐의 상류)에 있던 물이 낙하하면서 위치 에너지가 운동 에너지로 전환되고, 이 운동 에너지가 다시 발전기에서 전기 에너지로 전환된다.

(3) **풍력 발전**　바람의 운동 에너지가 발전기의 날개를 돌려 전기 에너지로 전환된다.

(4) **원자력 발전**　핵분열 과정에서 발생하는 열에너지를 이용하여 물을 끓인 후 발생된 고압 수증기가 발전기의 터빈을 돌려 전기 에너지가 생산된다. 원자력 발전은 원자로의 열을 식히는 데 물이 많이 필요하므로 원자력 발전소는 주로 바닷가에 위치한다.

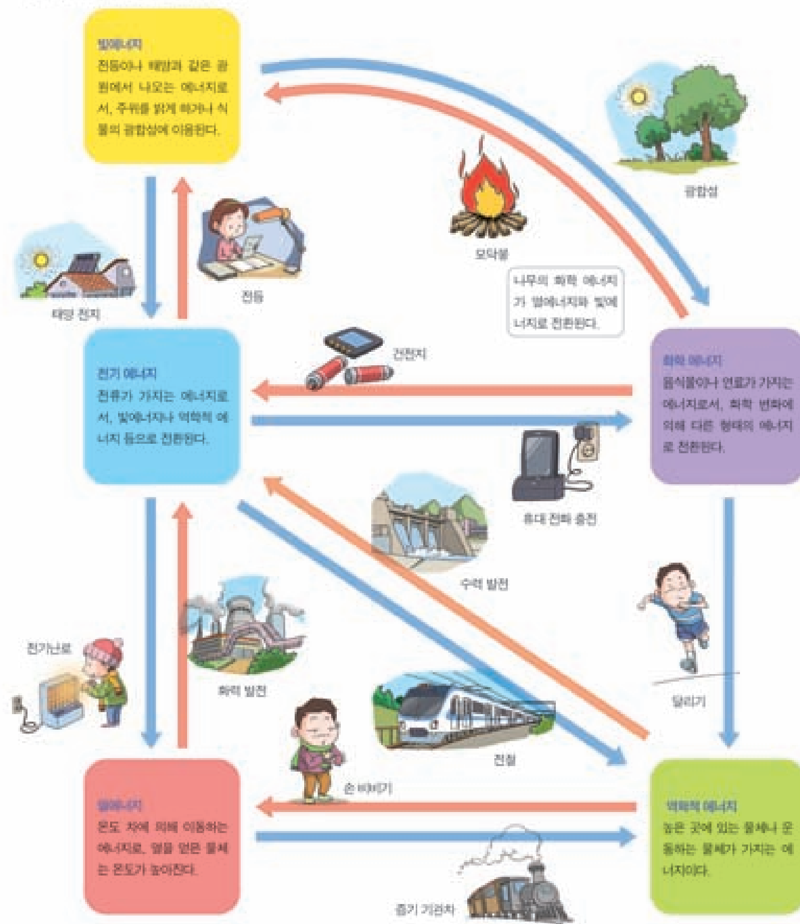
(5) **태양열 발전**　반사판을 이용해 태양열을 모으고 열 변환기를 통해 물을 끓여, 이때 발생한 고압 수증기로 발전기의 터빈을 회전시켜 전기 에너지를 얻는다.

(6) **태양광 발전**　햇빛을 바로 전기로 전환해 주는 태양 전지 등을 이용해 발전하는 방식으로, 빛에너지가 바로 전기 에너지로 전환된다.

(7) **지열 발전**　지구 내부의 열에너지로 물을 끓이고 이를 이용해 발전기를 회전시켜 전기 에너지를 얻는다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

교과서에서 제시한 에너지 전환의 예 이외에 주위에서 볼 수 있는 에너지 전환 현상들을 자유롭게 토의하고, 에너지 전환이 일어날 때 여러 단계를 거쳐 일어날 수도 있다는 것을 이해할 수 있도록 지도한다.

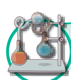


**우리 생활에서의 에너지 전환**

지구 상에 존재하는 거의 대부분의 생물체는 태양으로부터 빛에너지와 열에너지를 흡수하여 살아간다. 이때 여러 가지 형태로 에너지 전환이 일어난다. 또한, 우리도 일상생활에서 다양한 에너지를 여러 가지 형태로 전환하여 사용한다.

그림 II-45 우리 주변의 에너지 전환과 예





## 학습 자료실

### ❀ 일상생활에서의 에너지 전환 예

| 에너지 | 전환되는 에너지 | 예 |
|---|---|---|
| 빛에너지 | 화학 에너지 | 광합성 |
| | 전기 에너지 | 태양광 발전 |
| 전기 에너지 | 빛에너지 | 조명, TV |
| | 화학 에너지 | 휴대 전화 충전 |
| | 열에너지 | 전기난로, 전기 주전자, 다리미 |
| | 역학적 에너지 | 전철, 엘리베이터, 에스컬레이터, 선풍기 |
| 화학 에너지 | 전기 에너지 | 건전지 |
| | 역학적 에너지 | 달리기, 턱걸이 |
| | 열에너지 | 모닥불, 양초, 가스레인지 |
| 열에너지 | 전기 에너지 | 화력 발전, 지열 발전, 태양열 발전 |
| | 역학적 에너지 | 증기 기관차 |
| 역학적 에너지 | 열에너지 | 손 비비기 |
| | 전기 에너지 | 수력 발전, 풍력 발전 |

## 에너지 보존

에너지는 한 형태에서 다른 형태로 전환될 때 없어지거나 줄어드는 것일까?

자동차를 예로 들어 살펴보자. 연료를 연소시킬 때 발생하는 에너지를 100 %라고 가정했을 때, 자동차의 각 부분에서 전환된 에너지를 대략적으로 나타내면 그림과 같다.

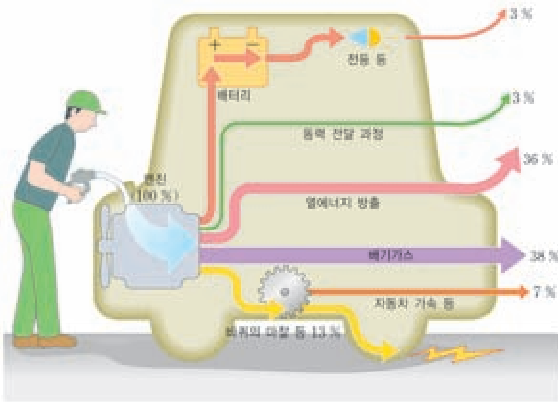



그림 II-46 자동차의 에너지 보존

자동차에서 연료가 가진 화학 에너지의 대부분은 배기가스나 냉각수 등에 의해 열에너지로 전환된다. 하지만 자동차를 운행할 때 전환된 모든 에너지의 합은 원래의 화학 에너지와 같으므로 에너지는 보존된다.

자연에서 일어나는 모든 변화는 에너지가 전환되는 현상으로 볼 수 있다.

미끄럼틀을 타는 경우에도 어린이가 미끄럼틀을 타고 내려와 바닥에 멈추었을 때에는 위치 에너지와 운동 에너지가 모두 사라졌으므로 미끄럼틀을 타는 과정에서 에너지가 감소한 것처럼 생각할 수도 있다. 그러나 미끄럼틀을 타는 동안 미끄럼틀과 주위 공간으로 이동해 간 열에너지를 포함하면 전체 에너지는 일정하다.




그림 II-47 미끄럼틀에서의 에너지 보존

2. 에너지 전환 343

### 관련 지식

**열역학 제1법칙**

열도 에너지의 한 형태이며 열을 포함하여 에너지의 총량은 변하지 않는다는 법칙이다. 외부에서 물체에 $Q$만큼 열을 가했을 때 물체의 내부 에너지가 $\Delta U$만큼 증가하고 외부에 $W$만큼 일을 했다면 이때 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$Q=\Delta U+W$$

이는 에너지 보존 법칙의 또 다른 표현으로 볼 수 있다.

**열역학 제2법칙**

에너지 흐름의 방향성을 알려 주는 법칙으로, 엔트로피 증가 법칙이라고도 한다. 열역학 제2법칙은 다음과 같이 표현할 수 있다.

- 열은 항상 높은 온도에서 낮은 온도로만 이동한다.
- 운동 에너지는 100 % 열에너지로 바뀔 수 있지만 열에너지는 100 % 운동 에너지로 바뀔 수 없다.

에너지 보존 법칙에 따라 에너지가 전환되는 과정에서 그 총량이 보존됨에도 불구하고 우리가 에너지를 절약해야 하는 이유는 열역학 제2법칙과 관련이 있다.






**에너지 보존 법칙**

에너지가 한 형태에서 다른 형태의 에너지로 전환되더라도 전환되기 전 에너지의 양과 전환된 후 에너지의 총량은 항상 같다. 이를 에너지 보존 법칙이라고 한다.

**에너지 보존의 예**

(1) **자동차에서의 에너지 보존** 자동차의 엔진에서 연료에 저장되어 있던 화학 에너지는 열에너지, 운동 에너지, 소리 에너지 등의 형태로 전환된다.

이렇게 전환된 에너지는 다시 유용한 에너지로 전환되지 않지만 전환된 에너지의 총합은 전환되기 전 화학 에너지의 양과 같다.

(2) **미끄럼틀에서의 에너지 보존** 미끄럼틀을 내려올 때 위치 에너지가 운동 에너지로 전환되지만 이 과정에서 마찰과 공기의 저항에 의해 위치 에너지가 열에너지의 형태로도 전환된다. 따라서 바닥에 도달하여 멈추었을 때 미끄럼틀을 내려오면서 감소한 위치 에너지는 사람이 내려오는 과정에서 발생한 마찰과 공기의 저항에 의해 주위로 전달된 열에너지들의 총합과 그 양이 같다.

### 심화 학습 질량 에너지 등가

모든 에너지는 그에 상응하는 질량을 가진다는 개념으로, 아인슈타인의 특수 상대성 이론에서 질량과 에너지의 관계는 다음과 같은 식으로 나타낸다.

$$E=mc^2$$

위 식에서 $E$는 에너지, $m$은 질량, $c$는 진공 속에서 빛의 속도를 의미한다.

이 개념은 질량 보존 법칙과 에너지 보존 법칙을 하나로 묶는 것으로 에너지 보존 법칙의 확장으로 생각할 수 있다.

스스로 해결하기

에너지는 새롭게 생성되거나 소멸되지 않는 것을 ( 에너지 보존 법칙 )(이)라고 한다.

## 자·기·주·도·학·습

### ▶ 개념 확인하기

배터리에 저장되어 있는 화학 에너지가 휴대 전화의 화면을 표시할 때에는 빛에너지로, 벨 소리가 울릴 때에는 소리 에너지로, 진동할 때에는 역학적 에너지로 전환된다.

또 상대방에게 소리를 전달하기 위해 마이크에 소리를 입력할 때에는 소리 에너지가 전기 에너지로 전환되기도 한다.

이외에도 휴대 전화를 오래 사용하다 보면 뜨거워지는 것을 느낄 수 있는데, 이는 다양한 에너지가 다른 에너지로 전환되는 과정에서 그 일부가 열에너지로 전환되기 때문이다.

### ▶ 생활 속 문제 해결하기

전기 에너지를 역학적 에너지로 전환시키기는 장치들 대부분은 전동기를 이용하고 있으므로 전동기를 이용하는 장치를 찾으면 된다.

예를 들어 선풍기, 세탁기, 전기 믹서, 엘리베이터, 에스컬레이터, 전기 자동차 등은 모터를 사용하는 장치로, 전기 에너지를 역학적 에너지로 전환시키는 장치들이다.

### ▶ 과학과 기술 연관 짓기

사람의 동력으로 움직이는 장치에는 자전거, 부채, 인력거, 노 젓는 배, 손수레, 수동 펌프, 손재봉틀 등이 있다.

전기 에너지나 화석 연료를 이용하기 전에는 동물의 에너지를 이용하였으며, 그보다 더 이전에는 사람의 동력으로 모든 일을 해결하였다. 예를 들어 농사일의 경우 아주 옛날에는 사람이 모든 일을 하다가 가축을 이용하기 시작하였고, 요즘은 트랙터나 콤바인과 같은 기계가 사람이나 가축의 일을 대신하고 있다.

스스로 해결하기

에너지는 새롭게 생성되거나 소멸되지 않는 것을 (　　　)(이)라고 한다.

일반적으로 에너지는 한 형태에서 다른 형태로 전환될 수 있지만 그 양이 증가하거나 감소하지 않는다. 즉, 에너지는 생성되거나 소멸되지 않고 에너지의 총량은 일정한데 이것을 **에너지 보존 법칙**이라고 한다.

에너지가 보존되는데도 불구하고 에너지를 절약해야 하는 이유는 무엇일까?

그것은 한번 사용한 에너지는 다시 사용하기 어려운 에너지로 변하기 때문이다. 예를 들어, 자동차의 연료인 휘발유나 경유 등은 우리가 사용하기 쉬운 유용한 에너지원이다. 그런데 자동차를 운행할 때 소비하는 연료는 결국 우리가 사용할 수 없는 열에너지의 형태로 대기 중으로 퍼져 나간다.

석탄이나 석유 등 우리가 사용할 수 있는 유용한 에너지원은 한정되어 있다. 따라서 우리는 에너지를 절약하고 더욱 효율적으로 사용해야 하는 것이다.

에너지의 효율적인 사용의 예로는 하이브리드 자동차가 있다. 하이브리드 자동차는 감속할 때나 내리막길에서 운동할 때 버려지는 운동 에너지를 전기 에너지로 변환시켜 다시 사용하므로 일반 자동차보다 같은 양의 연료로 훨씬 먼 거리를 갈 수 있다. 따라서 하이브리드 자동차는 일반 자동차보다 효율이 훨씬 높다.

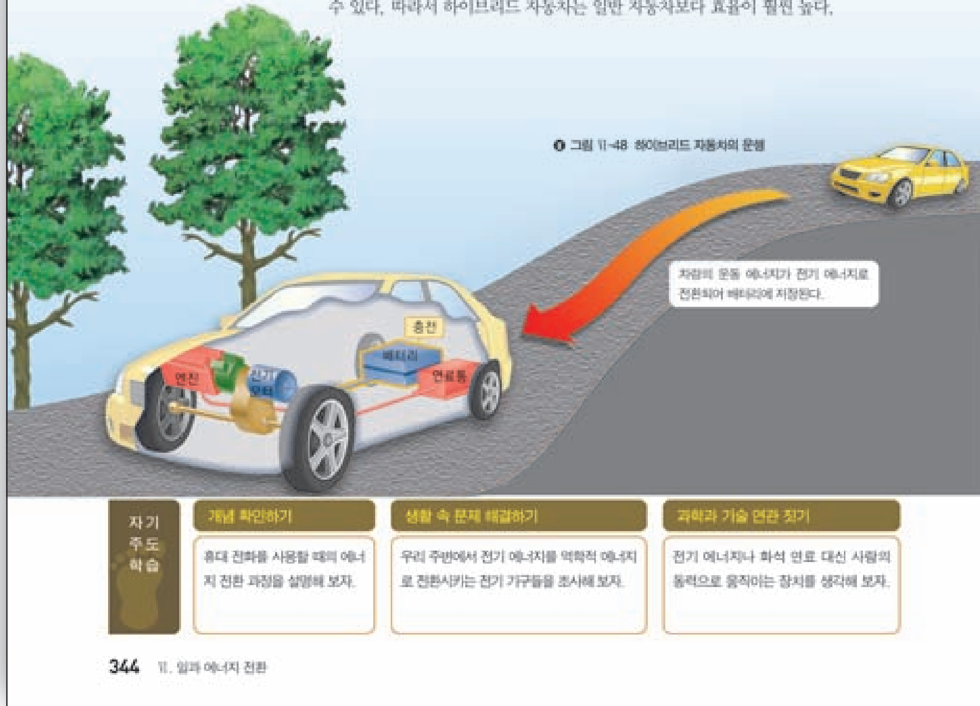



그림 Ⅱ-48 하이브리드 자동차의 운행

자기 주도 학습

| 개념 확인하기 | 생활 속 문제 해결하기 | 과학과 기술 연관 짓기 |
| --- | --- | --- |
| 휴대 전화를 사용할 때의 에너지 전환 과정을 설명해 보자. | 우리 주변에서 전기 에너지를 역학적 에너지로 전환시키는 전기 기구들을 조사해 보자. | 전기 에너지나 화석 연료 대신 사람의 동력으로 움직이는 장치를 생각해 보자. |

344 Ⅱ. 일과 에너지 전환

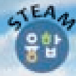
## 학습 자료실

### 에너지를 절약해야 하는 이유

에너지 전환 과정에서 전체 에너지는 보존되더라도 사람이 이용할 수 있는 유용한 에너지의 양은 보존되지 않기 때문이다. 고온의 열에너지의 경우 우리가 사용하는 역학적 에너지나 전기 에너지로 전환이 가능하지만 저온의 열에너지는 이러한 전환이 불가능하다. 에너지 전환 과정에서 전환의 마지막 지점은 저온의 열에너지로, 시간이 갈수록 유용한 에너지의 총량은 줄어든다. 따라서 우리는 에너지를 절약하고 더욱 효율적으로 사용해야 한다.

### 참고 자료 하이브리드 자동차(Hybrid Vehicle)

내연 기관인 엔진과 전기 모터의 장점을 혼합한 자동차로, 모터 구동을 위한 전기는 감속할 때나 내리막에서 버려지는 에너지를 이용하여 충전하거나 엔진으로부터의 충전을 통해 얻어지므로 별도의 외부 전원을 통한 충전은 필요하지 않다. 하이브리드 자동차는 유해 배출 가스와 연료 소모를 최소화하는 기술이고, 다른 대체 에너지 기술에 비해 시장으로의 접목이 용이하다.



# 에너지 관리 공단

급속한 산업화에 따른 화석 연료의 무분별한 사용으로 온실기체가 증가함으로써 지구 온난화라는 환경 문제가 발생하였다. 이에 따라 전 세계적으로 온실기체를 줄이려고 노력하고 있다. 우리나라의 에너지 관리 공단도 에너지를 효율적으로 이용하고, 기후 변화 및 지구 온난화에 대비하여 온실기체를 줄이기 위한 여러 가지 활동을 펼치기 위해 설립되었다. 에너지 관리 공단에서는 건물의 에너지 절약 사업, 신·재생 에너지 기술의 개발과 보급, 기후 변화 협약에 대한 대책 수립, 에너지 절약 교육 등 에너지와 관련된 매우 다양한 사업을 시행하고 있다.



❶ 에너지 관리 공단 홈페이지 (http://www.kemco.or.kr)

특히 에너지 관리 공단 부설 신·재생 에너지 센터에서는 신·재생 에너지의 뜻과 원리 및 설치 사례 등을 자세히 소개하고 있어 미래의 에너지 자원에 대한 이해를 돕고 있다.

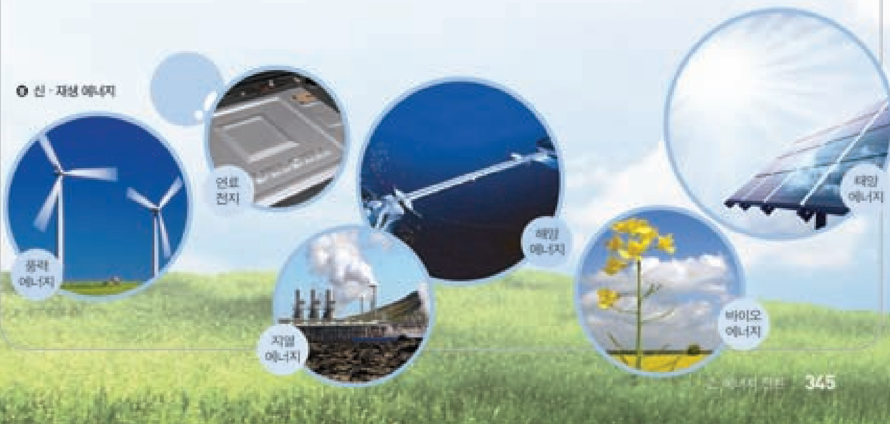
이 밖에도 에너지 관리 공단에서는 에너지와 관련된 다양한 통계와 유용한 정보를 제공하고 있으며, '에너지 교실'을 통해 풍부한 교육 자료를 탑재하여 학생들의 에너지 관련 학습에도 많은 도움을 주고 있다.

또한 'Save Energy, Save Earth'라는 뜻의 'SESE 나라' 프로그램을 통해 생활 속에서 에너지를 절약하기 위한 실천 방법을 안내하고 학생 및 일반 시민을 위한 녹색 에너지 체험관도 운영하고 있다.




❷ SESE 나라 심벌

❸ 신·재생 에너지






## 우리가 사용하는 에너지의 근원

에너지는 새롭게 만들어지는 것이 아니라 이미 있던 에너지가 전환되는 것이다. 그렇다면 우리가 주로 사용하는 에너지는 어떤 에너지가 전환된 것일까?

(1) **음식물** 광합성에 의해 식물이 자라고 이 식물을 동물이 먹게 되므로 음식물에 저장된 에너지의 근원은 광합성에 사용되는 태양의 빛에너지라고 할 수 있다.

(2) **화석 연료** 과거의 동식물들이 땅에 묻혀 형태가 변형된 것으로, 그 근원은 태양의 빛에너지라 할 수 있다.

(3) **전기** 원자력, 지열, 조력 발전을 제외한다면 태양으로부터 오는 에너지가 그 근원이 됨을 알 수 있다.

(4) **수력 발전** 태양으로부터 오는 빛에 의한 증발에 의해서 높은 곳으로 이동된 물의 위치 에너지를 이용한 것이다.

(5) **풍력 발전** 태양의 빛에너지에 의한 지역별 온도 차에 따른 대기의 순환에 의한 바람을 이용한 것이므로 그 근원은 태양에서 오는 에너지임을 알 수 있다. 즉, 우리가 사용하는 에너지의 대부분은 태양에서 얻고 있는 것이다.

융합 STEAM

## 에너지 효율

공급한 에너지 중 실질적으로 필요한 곳에 사용한 에너지의 비율을 에너지 효율이라고 한다.

## 에너지 소비 효율 등급 표시 제도

전기 제품을 에너지 소비 효율 또는 에너지 사용량에 따라 1등급(고효율)~5등급(저효율)으로 구분하도록 함으로써, 에너지 효율의 하한선인 최저 소비 효율 기준을 적용하는 의무 제도이다.

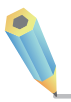
이는 소비자들이 효율이 높은 에너지 절약형 제품을 쉽게 판단하여 구입할 수 있도록 하고, 원천적으로 에너지 절약형 제품을 생산·판매하도록 유도하기 위한 제도이다.

에너지 소비 효율 등급 표시 제도는 에너지 절약형 제품의 보급 확대를 위하여 국내에서 만들어진 제품과 수입된 제품에 에너지 소비 효율 등급 라벨의 의무 표시와 의무적인 제품 신고, 최저 소비 효율의 기준 적용이라는 3가지 의무를 부여한다.

여기서 최저 소비 효율 기준은 저효율 제품의 보급 방지와 생산업체의 기술 개발 촉진을 위하여 정부가 제시하는 최소한의 에너지 효율의 기준으로, 이를 만족하지 못한 제품에 대해서는 국내 생산과 판매가 금지된다. 현재 22개 정도의 품목에 대하여 최저 소비 효율 기준이 적용되며, 위반할 경우에는 2,000만 원 이하의 벌금이 부과되고 있다.




❹ 에너지 소비 효율 등급 라벨
(자료 : 에너지 관리 공단 홈페이지)



# 대단원 마무리

## Ⅵ. 일과 에너지 전환

### 개념 정리하기

**| 낱말 카드 |**

❶ 일

❷ 일률

[해설] 일률 $= \dfrac{\text{일의 양}}{\text{걸린 시간}}$

❸ 일의 원리

[해설] 도구를 사용하면 작은 힘으로 일을 할 수 있지만 힘을 작용해야 하는 거리가 길어지기 때문에 일에는 이득이 없다.

❹ 신에너지

❺ 재생 에너지

❻ 에너지 보존 법칙

[해설] 한 형태의 에너지는 다른 형태의 에너지로 전환될 뿐 새롭게 생성되거나 소멸되지 않는다.

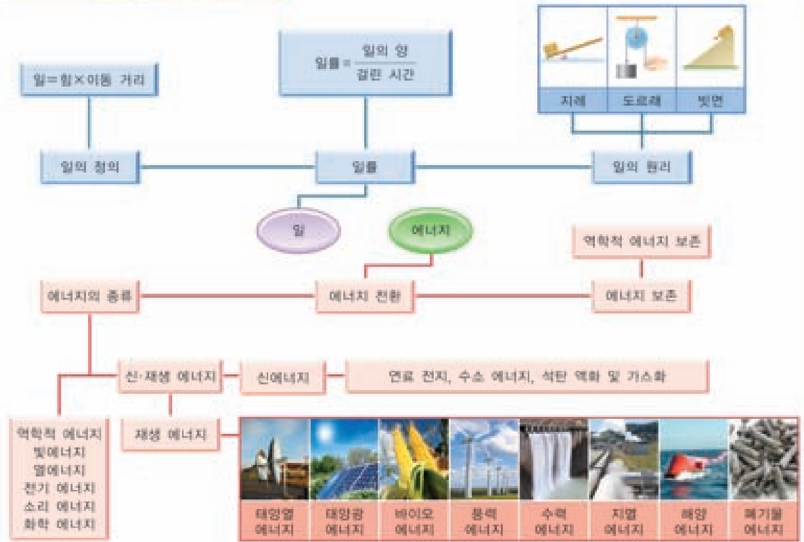
❼ 역학적 에너지 보존

[해설] 운동 에너지가 감소하면 그만큼 위치 에너지가 증가하고, 운동 에너지가 증가하면 그만큼 위치 에너지가 감소한다.

대단원 마무리

Ⅵ. 일과 에너지 전환

개념 정리하기




■ 다음 설명과 가장 관련 있는 단어를 오른쪽 낱말 카드에서 찾아보자.

❶ (힘×힘의 방향으로 이동한 거리)로, 단위는 J(줄)을 사용한다.
❷ 단위 시간 동안에 한 일로서, 단위는 W(와트)를 사용한다.
❸ 도구를 사용하면 작은 힘으로 일을 할 수 있지만 일에는 이득이 없다.
❹ 연료 전지, 수소 에너지, 석탄 액화 및 가스화
❺ 태양열·태양광·바이오·풍력·수력·지열·해양·폐기물 에너지
❻ 에너지는 전환 과정에서 새롭게 생성되거나 소멸되지 않고 그 총량이 일정하게 보존된다.
❼ 마찰이나 공기 저항이 없을 때 운동 에너지와 위치 에너지의 합은 일정하게 보존된다.




346 Ⅵ. 일과 에너지 전환

**| 관련 지식 |**

❀ **석유 수출국 기구(Organization of Petroleum Exporting Countries: OPEC)**

1960년 9월 원유 가격 하락을 방지하기 위해 이라크 정부의 초청으로 개최된 바그다드 회의에서 이라크, 이란, 사우디아라비아, 쿠웨이트, 베네수엘라의 5대 석유 생산 · 수출국 대표가 모여 결성한 협의체이다.

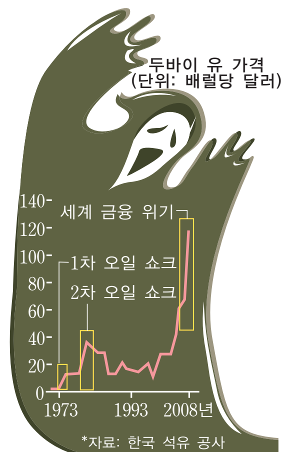
1950~1960년 서아시아 및 아프리카에서 유전이 발견되어 원유의 공급 과잉 사태가 일어남에 따라 국제 석유 자본이 원유 공시 가격을 인하하자 이에 대항하기 위하여 산유국들이 이 기구를 결성하고 공시 가격의 회복, 인상을 주도하였다.

오늘날 OPEC는 가격 정책 외에 석유 이권의 국유화, 자원 보호, 각종 석유 산업으로의 진출, 석유 시대 후의 국가 건설을 목표로 하고 있다.

**✚ 참고 자료** **오일 쇼크(Oil Shock)란?**

유가 폭등으로 경제가 휘청댈 정도의 타격을 입는 것을 말하며, 석유 파동이라고도 한다. 특히 우리나라와 같이 석유가 나지 않는 나라에서 오일 쇼크의 위력은 대단하다. 최악의 경우 경제 전반의 기초를 흔들어 놓을 수도 있기 때문이다.

원유를 전량 수입에 의존하는 우리나라의 경우 유가 상승은 곧 우리 기업의 경쟁력 저하로 연결된다. 유가가 상승하면 외국에서 수입해 오는 원자재 가격이 오르게 되고, 기업은 그로 인한 비용 증가를 제품 가격에 반영하게 되어 수출 시장에서 그만큼 가격 경쟁력을 잃게 된다. 특히 정유, 석유 화학, 항공 등의 업종은 직격탄을 맞게 된다. 고유가가 장기화되면 국내 물가를 자극하게 되어 인플레이션 현상도 나타난다.




❷ 유가 변동 추이

## 개념 적용하기

**1** 다음 〈보기〉에서 과학적으로 일을 한 경우를 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. 가방을 들고 서 있다.
ㄴ. 바위를 밀고 있지만 바위는 움직이지 않는다.
ㄷ. 높은 곳에서 물이 떨어지고 있다.
ㄹ. 활시위를 당겼다가 놓았더니 화살이 날아간다.

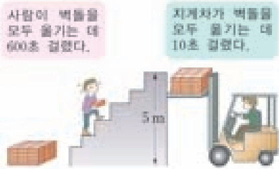
**2** 그림과 같이 물체에 10 N의 힘을 계속 작용하여 물체가 힘의 방향으로 이동하고 있다.




물체가 5 m만큼 이동하였을 때 힘이 한 일의 양은 몇 J인가?

① 5 J ② 10 J ③ 15 J
④ 25 J ⑤ 50 J

**3** 그림은 사람과 지게차가 각각 벽돌 100개를 높이 5 m인 곳에 옮기는 일을 하는 것을 나타낸 것이다.




지게차의 일률은 사람의 몇 배인가?

**4** 도구를 사용하여 일을 하더라도 도구를 사용하지 않고 일을 할 때와 비교하여 힘이 한 일의 양은 같다. 그럼에도 우리가 도구를 사용하는 이유는 무엇인지 쓰시오.

**5** 빗면을 이용하여 물체를 2 m 높이에 옮기려고 한다. 빗면의 길이가 6 m라고 할 때 물체에 작용해야 하는 힘의 크기는 물체 무게의 몇 배인가? (단, 빗면의 마찰은 무시한다.)




**6** 그림과 같이 무게가 1 N인 공이 정지 상태에서 낙하하였다.

(1) 처음 10 m의 거리를 낙하했을 때 공의 운동 에너지는 몇 J인가? (단, 공기 저항은 무시한다.)



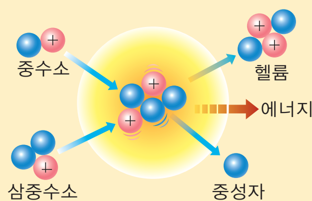

(2) 공이 바닥에 닿는 순간의 운동 에너지가 15 J이었다면 물체의 처음 높이는?



## 심화 학습 핵융합 발전

핵융합 발전은 수소와 같은 가벼운 원자핵들이 융합하여 무거운 헬륨 원자핵으로 바뀌는 과정에서 방출하는 에너지를 이용한 발전 방식이다.

보통 핵연료 1 g을 이용하면 석유 8 톤의 연소열에 해당하는 에너지를 얻을 수 있다. 이처럼 많은 에너지가 발생하는 이유는 수소 원자핵이 핵융합할 때 질량의 일부가 에너지로 전환되기 때문이다. 핵융합이 일어나기 위해서는 (+)전하를 띤 수소 원자핵 간의 반발력을 이길 정도로 온도가 매우 높아야 한다. 가장 낮은 온도에서 핵융합을 하는 것으로 알려진 중수소와 삼중수소의 경우도 최소 4,000만 ℃ 이상의 온도가 필요하다. 이는 자기장을 이용해 플라스마(매우 높은 온도에서 전자와 핵이 분리되어 고루 섞여 있는 상태)를 벽에 닿지 않도록 하는 방법으로 해결할 수 있다.




핵융합 에너지의 발생 원리

핵융합 발전은 해수에 존재하는 중수소를 사용하므로 자원 고갈의 문제가 없고, 이산화탄소를 배출하지 않아 환경 오염과 지구 온난화 문제를 일으키지 않는다.

## 개념 적용하기

**1** ㄷ, ㄹ

[해설] ㄱ. 가방을 들고 서 있으면 가방은 움직이지 않으므로 일을 한 것이 아니다.
ㄴ. 무거운 바위에 힘을 작용하여 밀고 있어도 바위가 움직이지 않으므로 일을 한 것이 아니다.
ㄷ. 높은 곳에서 떨어지는 물은 중력이 작용하여 움직이고 있으므로 중력이 일을 한 것이다.
ㄹ. 활시위를 당겼다가 놓으면 탄성력이 작용하여 화살을 움직이게 하므로 탄성력이 일을 한 것이다.

**2** ⑤

[해설] 일은 '힘×이동 거리'이므로 힘이 한 일은 $10\ \text{N}\times5\ \text{m}=50\ \text{J}$이다.

**3** 60배

[해설] 사람과 지게차가 한 일의 양은 같으므로 사람과 지게차의 일률의 비는 다음과 같다.

$$\frac{W}{600초} : \frac{W}{10초} = 1 : 60$$

따라서 지게차의 일률은 사람의 일률의 60배이다.

**4** 도구를 사용하면 도구를 사용하지 않을 때보다 더 작은 힘으로 일을 할 수 있기 때문이다.

**5** $\frac{1}{3}$배

[해설] 직접 들어 올릴 때에는 물체 무게만큼의 힘을 작용해야 한다. 빗면을 이용하면 일의 양은 같지만 이동 거리가 3배이므로 작용해야 하는 힘의 크기는 직접 들어 올릴 때의 $\frac{1}{3}$배이다.

**6** (1) 10 J
(2) 15 m

[해설] (1) 감소한 위치 에너지만큼 운동 에너지가 증가한다. 감소한 위치 에너지는 물체의 '무게×낙하 거리'이므로 $1\ \text{N}\times10\ \text{m}=10\ \text{J}$이다.
(2) 공의 처음 위치 에너지와 공이 바닥에 닿는 순간의 운동 에너지는 같다.
$1\ \text{N}\times h=15\ \text{J}$
따라서 높이 $h$는 15 m이다.

## 개념 적용하기

**7** (1) $\frac{1}{2}$배 (2) 4배

[해설] (1) 역학적 에너지는 보존되므로 $E_{pA}=E_{pB}+E_{kB}=E_{kC}$이다. B지점의 높이는 A지점의 $\frac{1}{2}$배이므로 $E_{pB}=\frac{1}{2}E_{pA}$이다. 따라서 $E_{kB}=\frac{1}{2}E_{pA}=\frac{1}{2}E_{kC}$이다.

(2) 운동 에너지는 속력의 제곱에 비례하므로 C지점에서 속력이 2배가 되면 운동 에너지는 4배가 된다. 따라서 A지점에서 위치 에너지도 4배가 되어야 하므로 A지점의 높이가 4배가 되어야 한다.

**8** ④

[해설] 가스레인지에서는 가스의 연소에 의해 화학 에너지가 열에너지로 전환된다.

**9** ㄱ, ㄴ, ㄹ

[해설] 텔레비전을 보면 화면에서 빛이 나오고, 스피커에서 소리가 난다. 또한 텔레비전 내부의 회로에 전류가 흐르면서 저항 때문에 열이 발생한다. 그러나 텔레비전을 볼 때 전기 에너지가 화학 에너지로 전환되지는 않는다.

**10** (나), (라)

[해설] (가)는 화력 발전이고, (다)는 원자력 발전이다. 화석 연료나 핵 연료는 한번 쓰면 다시 재활용하는 것이 어렵다. (나)는 수력 발전이고, (라)는 풍력 발전이다. 물의 위치 에너지나 바람의 운동 에너지는 물이나 공기의 순환에 의해 재활용이 가능하다.

**11** 태양광 발전

[해설] 태양을 이용한 발전 방식 중에는 태양열 발전도 있지만, 태양열 발전에서는 태양 전지를 사용하지 않는다.

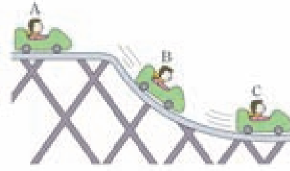


❸ 태양광 발전

**12** 에너지는 전환될수록 점점 다시 쓰기 어려운 형태의 에너지로 바뀌기 때문이다. 즉, 에너지는 보존되지만 쓸모 있는 에너지가 쓸모 없는 에너지로 바뀌기 때문에 현재 쓸모 있는 에너지를 절약해야 하는 것이다.

### 개념 적용하기

**7** 그림은 A지점에 있던 롤러코스터가 B지점을 거쳐 바닥 C지점에 도달하는 것을 나타낸 것이다. (단, B지점의 높이는 A와 C의 중간이고, 마찰과 공기 저항은 무시한다.)





(1) B지점에서 운동 에너지는 C지점의 몇 배인가?

(2) C지점에서 속력이 현재의 2배가 되려면 A지점의 높이는 몇 배가 되어야 하는가?

**8** 다음 중 에너지 전환의 관계를 연결한 내용으로 옳지 않은 것은?

① 형광등: 전기 에너지 → 빛에너지
② 전동기: 전기 에너지 → 운동 에너지
③ 라디오: 전기 에너지 → 소리 에너지
④ 가스레인지: 열에너지 → 화학 에너지
⑤ 미끄럼틀: 위치 에너지 → 운동 에너지

**9** 우리가 텔레비전을 볼 때 전기 에너지는 여러 가지 형태의 에너지로 전환된다. 이 과정에서 나타나는 에너지를 <보기>에서 있는 대로 고르시오.



| 보기 | |
|---|---|
| ㄱ. 빛에너지 | ㄴ. 열에너지 |
| ㄷ. 화학 에너지 | ㄹ. 소리 에너지 |

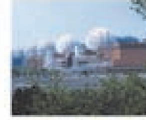
**10** 다음은 여러 가지 발전 방식을 나타낸 것이다.



(가)



(나)



(다)



(라)

사용된 에너지원을 재활용할 수 있는 발전 방식을 있는 대로 고르시오.

**11** 다음은 어떤 신·재생 에너지를 이용한 발전의 특징을 나타낸 것이다.

- 태양 전지를 이용한다.
- 구름이 끼거나 비가 오면 발전이 불가능하다.

이와 같은 발전을 무엇이라고 하는지 쓰시오.

**12** 에너지의 총량은 보존되는데도 우리가 에너지를 절약해야 하는 이유는 무엇인지 설명하시오.

348 Ⅱ. 일과 에너지 전환

### 보충 학습 에너지 절약하기

일상생활에서 에너지 절약 실천하기

- 엘리베이터는 격층으로 운행한다.
- 다림질과 빨래는 모아서 한꺼번에 한다.
- 진공 청소기로 청소할 때 필터를 먼저 비운다.
- 겨울철에 내복을 입고, 전열기의 사용을 줄인다.
- 사용하지 않는 전기 제품의 플러그는 뽑아 둔다.
- 난방을 하지 않는 방은 문을 닫아 열손실을 줄인다.
- 충전이 완료되면 충전기나 어댑터 전원을 분리한다.
- 전기밥솥보다는 가스를 사용하는 압력 밥솥을 사용한다.
- 냉장고 내부 온도를 적정 온도로 설정하고 자주 여닫지 않는다.
- 점심시간 등 쉬는 시간에는 컴퓨터나 전기 제품의 전원을 차단한다.
- 조명 스위치는 일괄 점등이 되지 않도록 공간별로 세분화하여 설치한다.
- 권장 냉난방 온도를 준수한다(여름철은 26~28℃, 겨울철은 18~20℃).

## 개념 응용하기

탐구력 기르기

1) 나사는 빗면의 원리를 이용한 도구이다. 나사에 빗면의 원리가 어떻게 이용되는지 서술하시오.

탐구력 기르기

2) 질량 0.1 kg인 공을 2 m 높이에서 가만히 놓았더니, 바닥에 충돌한 후 1.5 m 높이까지 튀어 올랐다. 공이 바닥에 충돌할 때 잃어버린 역학적 에너지를 구하고, 그 과정을 서술하시오. (단, 공기의 저항은 무시한다.)

분석력 키우기

3) 그림은 자동차의 연료가 가진 에너지를 100 %라고 했을 때 자동차의 각 부분에서 에너지가 전환되는 비율을 나타낸 것이다.




그림을 참고로 하여 자동차의 에너지 효율을 높이기 위한 방법을 서술하시오.

창의·인성 키우기

4) 수력 발전이나 화력 발전에서 에너지의 근원은 태양 에너지이다. 그 이유를 서술하시오.

과학 글쓰기

5) 화석 연료의 문제점을 해결하기 위해 세계 각국에서는 신·재생 에너지의 개발과 이용에 많은 노력을 기울이고 있다.
신·재생 에너지의 장단점을 고려하여 우리나라에서는 어떤 종류의 신·재생 에너지가 더 유리할지 자신의 생각을 쓰시오.

창의·인성 키우기

6) 신·재생 에너지가 실용화되면 가정에서 에너지를 사용하는 형태에도 많은 변화가 일어날 것이다. 신·재생 에너지를 사용한 미래의 주택을 상상하여 그려 보시오.




## 개념 응용하기

1) 나사는 드라이버를 이용하여 돌리는 방법으로 벽과 같은 곳에 고정시키는 도구로, 못보다 더 긴 거리만큼 힘을 작용해야 하지만 못을 박을 때보다 더 작은 힘이 든다.

2) 0.49 J

[해설] 처음 위치 에너지는 $(9.8\times0.1)\text{N}\times2\text{ m}=1.96\text{ J}$이고, 충돌 후 1.5 m만큼 올라갔을 때의 위치 에너지는 $(9.8\times0.1)\text{N}\times1.5\text{ m}=1.47\text{ J}$이다. 따라서 잃어버린 역학적 에너지는 $1.96\text{ J}-1.47\text{ J}=0.49\text{ J}$이다.

3) 자동차의 운행에 필요하지 않은 에너지로 전환되는 양을 최소로 해야 한다. 즉, 열에너지로 전환되는 비율을 가능한 줄여야 한다. 또한 자동차를 설계할 때 공기 저항을 최소화하고 운행 중에는 공회전을 하지 말아야 한다.

4) 수력 발전의 에너지원은 높은 곳에 있는 물의 위치 에너지이다. 이것은 지표의 물이 태양 에너지를 받아 순환된 결과이다.
화력 발전의 에너지원은 화석 연료이다. 화석 연료는 식물이나 동물의 유해가 오랜 세월에 걸쳐 화석화된 연료이다. 그리고 식물은 태양 에너지를 받아야 살 수 있고, 동물은 식물이 있어야 살아갈 수 있다.

5) 신·재생 에너지는 환경 친화적이고 재활용이 가능하다는 장점이 있지만 고가의 시설 비용이나 지리적 제약 등의 단점이 있다. 따라서 각 에너지의 장단점을 충분히 고려하고 지역의 특성과 비용에 따라 적절한 신·재생 에너지를 선정해야 한다.

6) 태양열 주택, 태양광 발전, 풍력 발전, 바이오 에너지 등을 사용해 에너지 자립이 가능한 주택을 그려 본다.

## | 용어 설명 |

**기준면** 물체의 위치 에너지의 기준이 되는 면으로, 위치 에너지를 구할 때 물체의 높이는 기준면으로부터의 높이를 말한다.

**일의 원리** 도구를 사용하면 도구를 사용하지 않을 때보다 힘에는 이득이 있지만 일에는 이득이 없다. 즉, 도구를 사용할 때와 사용하지 않을 때 한 일의 양이 같다.

**하이브리드 기술** 하이브리드는 두 개 이상의 요소가 합쳐진다는 뜻으로, 두 가지 이상의 기술을 접목한 것을 말하며 주로 자동차에 이용된다.

**태양 전지** 태양 광선의 빛에너지를 전기 에너지로 바꾸는 장치로, p형 반도체와 n형 반도체를 사용하고, 빛을 비추면 내부에서 전하가 이동하여 전극을 형성한다.

**전기 분해** 물질에 전기 에너지를 가하여 산화·환원 반응이 일어나도록 하는 것

**터빈** 물, 가스, 증기 등의 유체가 가지는 에너지를 유용한 기계적 에너지로 변환시키는 기계

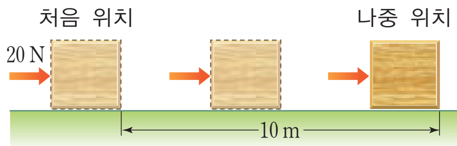
**무질서도(엔트로피)** 자연은 점점 무질서해지려는 방향으로만 변한다는 것으로, 1865년 클라우지우스가 도입한 개념이다. 즉, 열의 흐름을 포함하는 모든 비가역 현상을 의미한다.

# 대단원 평가문항 예시

**01** 다음 중 과학에서 말하는 일을 한 힘은?

① 무거운 가방을 들고 걸어갈 때 손의 힘
② 역기를 위로 들어 올리는 역기 선수의 힘
③ 창의적인 아이디어를 발표하는 영희의 힘
④ 우주선이 등속도 운동을 하고 있을 때의 알짜힘
⑤ 나무 막대를 넘어지지 않게 받치고 있는 철수의 힘

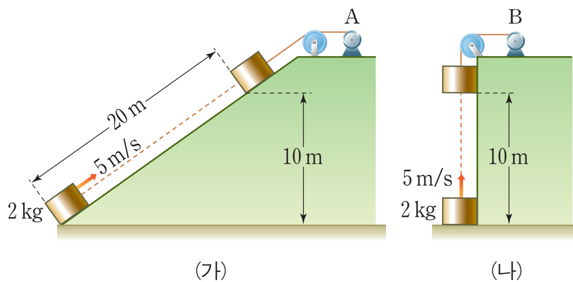
**02** 그림과 같이 질량 4 kg인 물체를 수평면 위에 놓고 물체에 20 N의 힘을 계속 주어 10 m만큼 밀고 갔다.




이때 밀고 가는 힘이 한 일의 양은?

① 0　② 80 J　③ 100 J
④ 200 J　⑤ 800 J

**03** 그림 (가)와 (나)는 전동기 A, B가 질량 2 kg인 물체를 각각 5 m/s의 속력으로 끌어 올리고 있는 모습을 나타낸 것이다. 전동기 A는 빗면을 따라 물체를 높이 10 m까지 끌어 올리고, 전동기 B는 지면에 수직으로 높이 10 m까지 끌어 올린다.



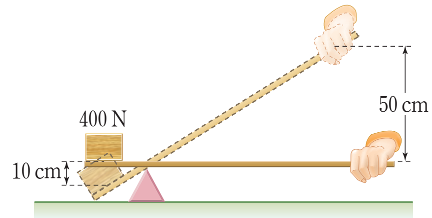

전동기의 일률은 B가 A의 몇 배인가?

① $\frac{1}{2}$배　② 1배　③ 2배
④ 4배　⑤ 8배

**04** 일과 일률에 대한 설명으로 옳지 <u>않은</u> 것은?

① 일과 일률은 같은 단위를 사용한다.
② 일률은 단위 시간 동안 한 일의 양이다.
③ 도구를 사용하여도 일에는 이득이 없다.
④ 떨어지는 물체에 일을 하는 힘은 중력이다.
⑤ 1초 동안에 1 J의 일을 하면 일률은 1 W이다.

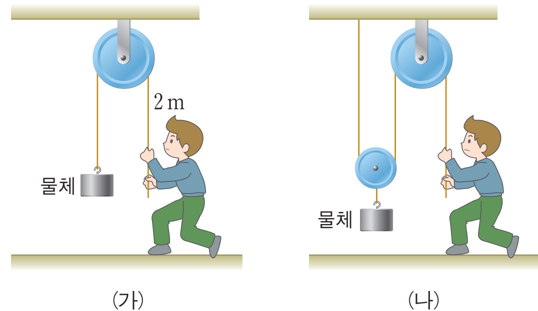
**05** 그림과 같이 지레를 사용하여 무게 400 N인 나무 도막을 10 cm만큼 들어 올렸다.




이때 지레를 누르는 손이 50 cm만큼 이동하였다면 손이 준 힘의 크기는?

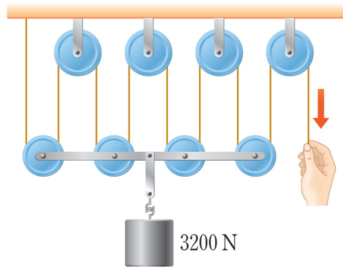
① 4 N　② 8 N　③ 20 N
④ 40 N　⑤ 80 N

**06** 그림 (가)와 (나)는 각 도르래를 이용하여 무게 100 N인 물체를 들어 올리는 모습을 나타낸 것이다. (가)의 경우 줄을 2 m 잡아당겼다(단, 도르래의 무게 및 모든 마찰은 무시하며, 줄은 늘어나지 않는다.).




(나)의 경우 (가)와 같은 양의 일을 하기 위하여 줄을 몇 m 잡아당겨야 하는지 쓰시오.

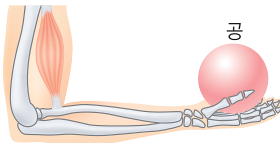
**07** 정약용이 수원성을 쌓을 때 사용한 거중기는 그림과 같이 움직 도르래 4개를 사용하였다.



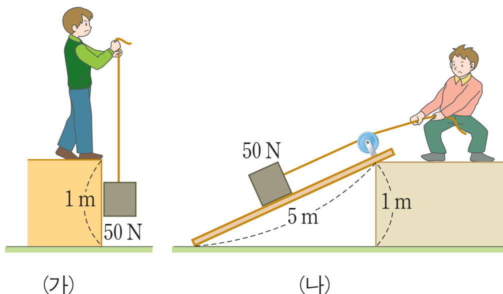

무게 3200 N의 물체를 들어 올리기 위하여 손으로 잡은 줄에는 얼마의 힘을 주어야 하는가?

① 100 N ② 200 N ③ 400 N
④ 800 N ⑤ 1,600 N

**08** 사람의 팔은 지레의 원리를 이용하여 공을 들어 올린다. 팔 근육으로 공을 들어 올릴 때 받침점(▲), 힘점(■), 작용점(●)을 그림에 표시하시오.




**09** 그림 (가)는 수직으로, (나)는 길이 5 m인 빗면을 이용하여 무게 50 N인 물체를 높이 1 m까지 일정한 속력으로 끌어 올리는 모습을 나타낸 것이다(단, 물체와 빗면 사이 및 도르래의 마찰은 무시한다.).



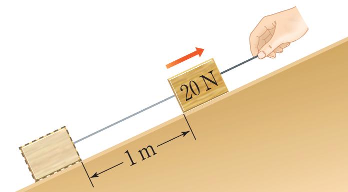

(1) 한 일의 양을 각각 구하시오.

(2) 물체를 들어 올리기 위해 필요한 최소의 힘을 각각 구하시오.

**10** 일과 에너지에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

> 보기
> ㄱ. 1 J은 1 N의 힘과 같다.
> ㄴ. 물체가 일을 하면 물체의 에너지는 줄어든다.
> ㄷ. 물체에 일을 해 주면 물체의 에너지는 증가한다.
> ㄹ. 일과 에너지는 서로 전환될 수 없다.
> ㅁ. J은 일과 에너지의 양을 나타내는 단위이다.

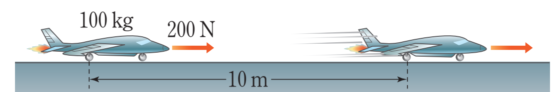
**11** 그림은 빗면을 이용하여 무게 20 N인 물체를 일정한 속력으로 끌어 올리는 모습이다.




이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오(단, 빗면의 마찰은 무시한다.).

> 보기
> ㄱ. 물체의 운동 에너지는 증가한다.
> ㄴ. 물체를 끌어 올리는 힘의 크기는 20 N보다 작다.
> ㄷ. 빗면으로 물체를 1 m 움직였을 때 한 일의 양은 20 J보다 작다.

**12** 정지해 있던 질량 100 kg인 모형 비행기에 200 N의 일정한 힘을 계속 작용하여 10 m 거리를 이동시켰다.

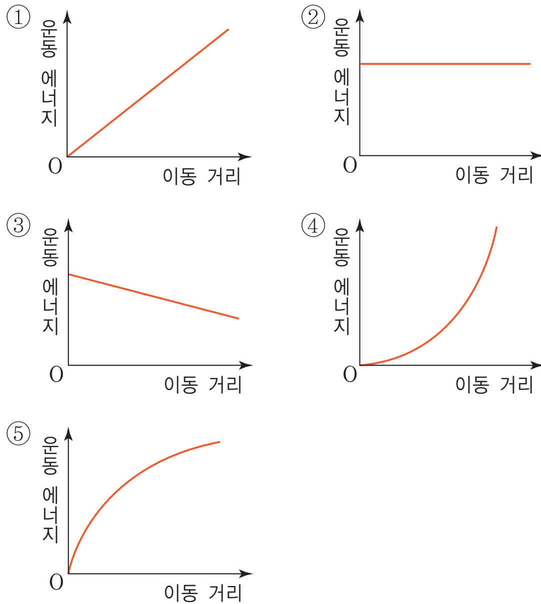



작용한 힘이 모두 운동 에너지의 증가에 사용되었다면 모형 비행기가 10 m 이동하였을 때의 운동 에너지는?

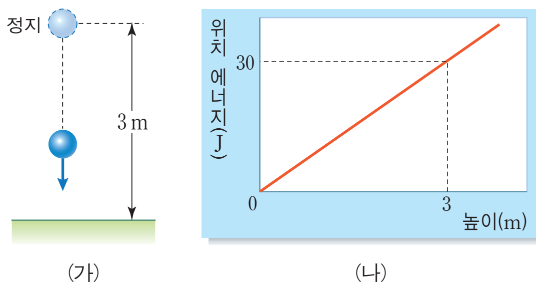
① 500 J ② 1,000 J ③ 1,500 J
④ 2,000 J ⑤ 2,500 J

**13** 그림과 같이 정지한 물체에 일정한 힘 $F$를 계속 작용할 때 이동 거리에 따른 운동 에너지를 바르게 나타낸 그래프는?



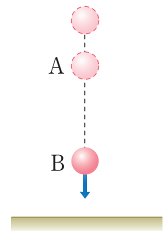




**14** 그림 (가)는 높이 3 m에 정지해 있던 물체가 떨어지는 것을 나타낸 것이고, 그림 (나)는 이 물체의 높이에 따른 위치 에너지를 나타낸 것이다.




물체가 정지 상태에서 지면까지 떨어지는 동안 중력이 한 일의 양은 몇 J인가?

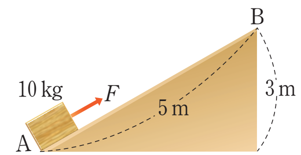
**15** 그림과 같이 지표면 근처에서 떨어지는 어떤 물체가 있다. A, B 지점에서 이 물체의 역학적 에너지가 표와 같을 때 B 지점에서의 운동 에너지는?




| 지점 | 위치 에너지 | 운동 에너지 |
|---|---|---|
| A | 80 J | 20 J |
| B | 20 J | (　　) |

① 10 J　② 20 J　③ 40 J
④ 60 J　⑤ 80 J

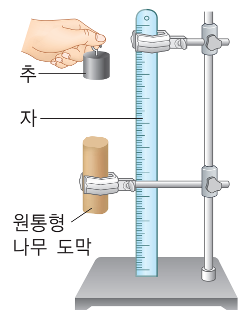
**16** 그림과 같은 빗면을 이용하여 질량 10 kg인 물체를 A 지점에서 B 지점까지 끌어 올렸다.




B 지점에서 이 물체가 갖는 위치 에너지는?

① 30 J　② 147 J　③ 245 J
④ 294 J　⑤ 490 J

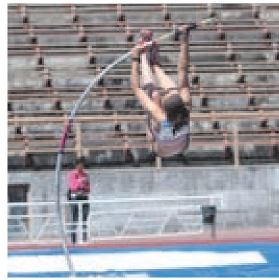
**17** 그림과 같이 원통형 나무 도막을 집게 사이에 끼우고 추를 나무 도막 위에서 떨어뜨린다. 이때 추가 나무 도막 위에 떨어지면 나무 도막은 아래로 조금 내려간다.




원통형 나무 도막과 집게 사이의 마찰력이 일정하다면 떨어진 추가 한 일의 양과 같은 것은? (단, 원통형 나무 도막의 위치 에너지 변화는 무시한다.)

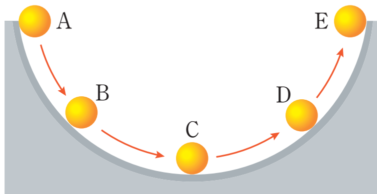
① 추의 질량×추가 낙하한 거리
② 추의 질량×나무 도막의 이동 거리
③ 실험대를 기준으로 한 추의 위치 에너지
④ 나무 도막의 질량×나무 도막의 높이 변화
⑤ 나무 도막과 집게의 마찰력×나무 도막의 이동 거리

**18** 그림은 달려오던 장대높이 뛰기 선수가 장대에 의해 높은 곳으로 올라가는 모습을 나타낸 것이다.
이때의 에너지 전환에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 열에너지가 화학 에너지로 전환되었다.
② 화학 에너지가 열에너지로 전환되었다.
③ 열에너지가 운동 에너지로 전환되었다.
④ 운동 에너지가 위치 에너지로 전환되었다.
⑤ 위치 에너지가 운동 에너지로 전환되었다.

**19** 그림과 같이 마찰이 없는 곡면 위의 A지점에서 작은 물체를 가만히 놓았더니 같은 높이인 E지점까지 올라갔다(단, 위치 에너지의 기준은 C지점으로 한다.).



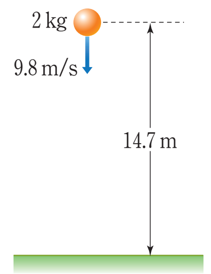

이 물체의 운동에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 물체의 역학적 에너지는 보존되었다.
② A지점과 C지점에서 운동 에너지는 같다.
③ A지점과 E지점에서 위치 에너지는 0이다.
④ 물체의 운동 에너지는 C지점에서 가장 작다.
⑤ 역학적 에너지의 일부가 열에너지로 전환되었다.

**20** 다음 중 주어진 기구에서 에너지 전환을 잘못 짝지은 것은?

① 전등: 전기 에너지 → 빛에너지
② 전열기: 열에너지 → 전기 에너지
③ 스피커: 전기 에너지 → 소리 에너지
④ 선풍기: 전기 에너지 → 운동 에너지
⑤ 모닥불: 화학 에너지 → 빛에너지와 열에너지

**21** 질량 2 kg인 공이 높은 곳에서 떨어져 자연으로부터의 높이 14.7 m를 지날 때 속력이 9.8 m/s이었다. 공이 지면에 닿기 직전의 운동 에너지를 구하는 식으로 옳은 것은?




① $(9.8^2+9.8\times14.7)$J
② $(9.8^2+\frac{9.8}{2}\times14.7)$J
③ $(9.8^2+9.8^2\times2\times14.7)$J
④ $(9.8^2+9.8\times2\times14.7)$J
⑤ $\left(\frac{9.8^2}{2}+9.8\times2\times14.7\right)$J

**22** 다음 중 신·재생 에너지가 아닌 것은?

① 열에너지 ② 연료 전지
③ 풍력 에너지 ④ 지열 에너지
⑤ 해양 에너지

**23** 다음 중 에너지의 전환에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 에너지의 전환은 에너지를 없애는 것이다.
② 식물은 빛에너지를 열에너지로 전환한다.
③ 전구는 빛에너지를 전기 에너지로 전환한다.
④ 역학적 에너지는 열에너지로 전환될 수 없다.
⑤ 인간이 사용 가능한 에너지는 감소하고 있다.

**24** 다음 중에서 옳은 것은 ○표, 틀린 것은 ×표를 하시오.

(1) 물체에 힘을 작용하고 있으면 일을 하고 있는 것이다. ( )
(2) 일을 하는 시간이 길수록 일률은 크다. ( )
(3) 빗면을 사용하여 물체를 끌어 올릴 때 한 일의 양은 같은 높이까지 물체를 직접 들어 올릴 때 한 일의 양과 같다. ( )
(4) 물체가 외부로 일을 하면 물체가 가진 에너지는 감소한다. ( )
(5) 위치 에너지는 물체의 속력에 비례한다. ( )
(6) 에너지는 다른 에너지로 전환될 수 있지만 그 총합은 항상 보존된다. ( )

파블로프 (Pavlov, I. P. : 1849~1936)



러시아 출신의 파블로프는 1902년에 침이 입 밖으로 나오도록 수술한 개로 침샘을 연구하다가 사육사의 발소리를 듣고 개가 침을 흘리는 현상을 보게 되었다. 그는 이를 계기로 조건 반사의 원리를 발견하였으며, 이에 대한 체계적인 연구를 진행하여 대뇌 생리학 분야를 개척하였다. 파블로프는 대뇌 겉질에 새로운 회로가 만들어짐으로써 조건 반사가 형성된다고 생각하였다. 대표적인 실험으로는 '파블로프의 개'가 있으며, 1904년에 노벨 생리·의학상을 수상하였다.

350

# Ⅶ 자극과 반응

❖ 이 단원에서는

KTX의 속도보다 더 빠른 셔틀콕!

시합이 시작되면 배드민턴 선수들은 상대 선수들의 움직임을 보면서 끊임없이 움직인다. 그리고 총알같이 빠른 속도의 셔틀콕을 감각적으로 느끼고 뛰어난 순발력으로 받아 넘긴다. 어떻게 이런 일이 가능할까?

이 단원에서는 감각 기관이 자극을 받아들여 신경계를 통해 전달되는 과정에 대해 알아보자. 또 신경과 호르몬을 통한 자극의 반응 과정을 이해하고, 몸의 항상성 유지에 대하여 알아보자.



351

## ▶ 단원의 개관

학생들은 초등학교 5~6학년군에서 우리 몸에 있는 뼈와 근육, 소화계, 순환계, 호흡계, 배설계, 감각 기관의 생김새와 위치, 기본적인 기능에 대하여 배웠다. 그리고 건강한 생활 습관과 운동이 우리 몸을 구성하는 기관을 원활하게 기능하게 하는 것을 학습하였다.

이 단원에서는 인체에 시각, 청각, 평형 감각, 후각, 미각, 피부 감각 등의 감각 기관이 있어, 서로 다른 자극을 감지하여 체내로 전달하고 있음을 학습한다. 또한 학생들은 뉴런의 구조와 기능을 이해함으로써 감각 기관에서 감지된 자극이 효율적으로 생물의 신경계에 전달될 수 있음을 알고, 신체로 전달된 서로 다른 자극이 신경과 호르몬을 통해 서로 다른 반응을 나타냄으로써 환경 변화에 대처하는 몸의 항상성에 대하여 학습한다.

## ▶ 단원 학습 위계

**이미 배운 내용**

| | |
|---|---|
| 초등학교 3~4학년군 | • 동물의 한살이<br>• 동물의 생활 |
| 초등학교 5~6학년군 | • 우리 몸의 구조와 기능 |

→

**이번에 배울 내용**

• 감각 기관의 구조와 기능
• 뉴런과 신경계의 구조와 기능
• 자극에 대한 반응 경로
• 신경과 호르몬의 조절 작용

→

**다음에 배울 내용**

| | |
|---|---|
| 고등학교 생명 과학 Ⅰ | • 항상성과 건강 |

## 교육과정

■ 학습 내용 성취 기준

(가) 눈, 귀, 코, 혀, 피부 감각 기관의 구조와 기능을 안다.

(나) 뉴런 및 신경계의 구조와 기능을 알고, 자극에 대한 반응 경로를 이해한다.

(다) 체내 · 외 환경 변화에 대한 신경과 호르몬의 조절 작용으로 항상성이 유지됨을 이해한다.

■ 탐구 활동

(가) 시각 관련 실험하기

(나) 미각 관련 실험하기

(다) 자극에 대한 반응 실험하기

## 단원 지도상 유의점

1 감각 기관의 기능에 대하여 학습할 때는 일상생활에서의 경험을 활용하여 흥미로운 학습이 되도록 한다.

2 실험에 사용하는 소눈을 가지고 장난을 치지 않으며, 생명을 존중하는 태도로 실험에 임하도록 한다.

3 기본 맛은 다섯 가지이지만, 혀로 느끼는 맛은 다양한 맛이 있음을 설명한다.

4 피부 감각은 피부에만 존재하는 감각이 아니라 내장 기관 등 우리 몸속에도 존재하는 감각임을 설명한다.

5 신경계를 학습할 때는 신경 흥분의 전달이라는 관점 외에 온몸의 작용을 통일시켜 준다는 관점도 이해시킨다. 또 신경의 자극 전달 속도가 빠른 것이 생존에 있어 어떤 의미가 있는지 생각해 보게 한다.

6 자극의 전도와 전달의 구체적인 기작은 다루지 않는다.

7 자극에 대한 반응의 경로로 대뇌를 거치는 반응 경로와 대뇌를 거치지 않는 반응 경로를 이해하도록 하여, 의식적인 반응과 무의식적인 반응을 구별하도록 한다.

8 뉴런의 구조에서 말이집 신경과 민말이집 신경의 차이는 다루지 않는다.

9 다양한 호르몬의 종류와 기능을 단순하게 소개하는 방법을 지양하고, 우리 몸에서 일어나는 호르몬과 신경의 조절을 통한 항상성 유지 기능을 이해하는 데 주안점을 둔다.

10 소화샘은 내분비라고 생각하기 쉬우므로 소화관의 내부는 체외라는 점을 상기시켜 혼동하지 않도록 한다.

11 항상성은 내분비샘에서 분비되는 다양한 종류의 호르몬과 자율 신경계의 길항 작용에 의해 조절되고 있음을 이해시키고, 당뇨병이나 갑상샘 저하증과 같은 다양한 질병들이 우리 몸에서 분비되는 호르몬과 관계있음을 설명한다.

12 호르몬의 과잉 또는 결핍으로 인한 호르몬의 이상에 대해 지도할 때, 특정 질병을 가진 학생들이 수업 진행 과정에서 상처를 받지 않도록 유의한다.

13 호르몬은 학생들에게 생소한 개념이므로 잘못된 개념을 갖지 않도록 유의하고, 호르몬의 종류와 작용을 지나치게 자세히 다루지 않는다.

## 참고 자료

■ 참고 도서_교사용

1. 인체(2010), 스티브 파커 외 1저, 박경한 외 4역, 사이언스북스
2. 신경 과학(2009), Mark F. Bear 외 2저, 강봉균 외 2역, 바이오메디북

■ 읽을 책_학생용

1. 베버가 들려주는 자극과 반응 이야기(2011), 황신영 저, 자음과 모음
2. 쾌락의 호르몬 고통의 호르몬(2003), 김하자 저, 학민사

■ 시청각 자료_internet

1. 한국 교육 학술 정보원: http://keris.or.kr
2. 한국 과학 창의 재단: http://www.kofac.re.kr

## ▶ 단원 지도 계획

| 중단원명 | 소단원명 | 시수 | 차시 | 학습 내용 및 활동 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ⅶ-1 감각 기관 | 1 눈 | 8 | 1~3 /18차시 | • 눈의 구조와 시각의 전달 경로<br>• 탐구 활동: 소눈 해부<br>• 눈의 조절<br>• 시력 교정<br>• 과학 자료실: 왜 눈에는 김이 서리지 않을까?<br>• 두 눈이 필요한 이유 |
| | 2 귀 | | 4~5 /18차시 | • 귀의 구조와 청각<br>• 평형 감각<br>• 과학 자료실: 고래도 인간처럼 청각을 조절한다. |
| | 3 그 밖의 감각 기관 | | 6~8 /18차시 | • 후각<br>• 미각<br>• 탐구 활동: 냄새와 맛의 관계<br>• 피부 감각<br>• 미니 탐구: 유령 연필<br>• 보충 · 심화: 두 눈은 지금 경쟁 중 |
| Ⅶ-2 신경계 | 1 신경계의 구성 | 5 | 9~10 /18차시 | • 뉴런<br>• 중추 신경계<br>• 말초 신경계 |
| | 2 자극의 전달과 반응 | | 11~13 /18차시 | • 의식적인 반응<br>• 과학 자료실: 대뇌에 의해 조절되는 무의식적인 반응, 조건 반사<br>• 무의식적인 반응<br>• 자극에 대한 반응 속도<br>• 탐구 활동: 자극에 대한 반응 시간<br>• 보충 · 심화: 전두엽과 성격 |
| Ⅶ-3 호르몬 | 1 호르몬의 종류 | 4 | 14~15 /18차시 | • 호르몬의 종류<br>• 과학 자료실: 호르몬의 발견 |
| | 2 항상성 유지 | | 16~17 /18차시 | • 신경계와 호르몬에 의한 조절<br>• 호르몬의 분비량 조절<br>• 호르몬 분비 이상<br>• 이미지 사이언스: 세상에서 가장 키가 큰 사람<br>• STEAM: 스테로이드 호르몬의 부작용 |
| 대단원 마무리 | | 1 | 18/18차시 | • 개념 정리하기, 개념 적용하기, 개념 응용하기 |

| 교수·학습 방법 | 평가 내용 및 방법 | 교과서 쪽 | 지도서 쪽 |
| --- | --- | --- | --- |
| 관찰<br>토의 | • 소눈을 해부하여 눈의 구조를 제대로 이해하고 있는지를 관찰법, 실험 보고서법으로 평가한다.<br>• 눈의 조절과 시력 교정의 원리를 이해하고 설명할 수 있는지를 토론법으로 평가한다. | 354~361 | 402~409 |
| 자료 해석<br>토의 | • 귀의 구조를 통해 청각의 성립 과정과 평형 감각이 조절되는 과정을 설명할 수 있는지를 토론법으로 평가한다. | 362~365 | 410~413 |
| 실험<br>토의 | • 냄새가 맛에 미치는 영향을 이해하고 있는지를 관찰법, 실험 보고서법, 토론법으로 평가한다.<br>• 후각, 미각, 피부 감각의 전달 경로를 이해하고 있는지를 토론법으로 평가한다. | 366~373 | 414~421 |
| 자료 해석<br>토의 | • 신경의 종류와 기능을 연관지어 설명할 수 있는지를 토론법으로 평가한다. | 376~381 | 422~427 |
| 측정<br>토의 | • 자극에 대한 반응이 나타날 때까지 시간이 걸리는 이유를 설명할 수 있는지를 관찰법, 실험 보고서법, 토론법으로 평가한다.<br>• 자극에 대한 반응 경로와 반응 중추를 설명할 수 있는지를 토론법으로 평가한다. | 382~387 | 428~433 |
| 자료 해석<br>토의 | • 우리 몸에서 분비되는 주요 호르몬의 종류와 작용을 설명할 수 있는지를 토론법으로 평가한다. | 390~393 | 434~437 |
| 자료 해석<br>토의 | • 신경과 호르몬의 조절 작용에 의해 항상성이 유지되는 과정을 이해하고 있는지를 토론법으로 평가한다. | 394~399 | 438~443 |
| 평가 | • 수행 평가로 제시할 수 있다. | 400~403 | 444~447 |

# 1-1 눈

## | 학습 내용 안내 |

(1) 소눈의 해부를 통해 눈의 생김새와 각 부분이 하는 일을 이해한다.

(2) 우리 눈이 빛의 밝기와 물체와의 거리에 따라 어떻게 조절되는지 알고, 시력 이상을 어떻게 교정할 수 있는지 이해한다.

## | 학습 전개 |

도입 글을 통해 시력은 눈의 어느 부분과 관련이 있으며, 눈은 어떤 구조로 이루어져 있는지 생각해 보게 한다.



소눈의 해부를 통해 눈의 구조와 시각의 전달 경로를 설명하게 한다.



눈의 조절 작용과 시력 교정, 두 눈이 필요한 이유를 토의하여 발표하게 한다.

Ⅶ. 자극과 반응

# 1-1 눈

**학습 목표**

- 눈의 생김새와 눈의 각 부분이 하는 일을 말할 수 있다.
- 눈에서 빛의 밝기와 원근을 조절하는 원리를 설명할 수 있다.



대학생이 된 언니는 눈이 작다고 놀림 받는 것이 싫어 컬러 렌즈를 끼기 시작하였다. 언니는 컬러 렌즈를 낀 눈을 동그랗게 뜨며 "내 눈 어때? 눈동자도 크고 또렷해 보이지 않아?"라며 자랑을 하곤 하였다.

그런데 언제부터인가 언니는 눈이 따끔거리고 충혈도 자주 일어났다. 언니는 눈이 너무 아파서 병원을 방문하였다. 의사 선생님은 "이런, 시력이 많이 떨어졌네요. 컬러 렌즈를 잘못 사용하면 눈이 건조해지고 시력이 나빠져요. 당분간 안경을 쓰도록 하세요."라고 하시며 컬러 렌즈를 사용할 때 유의해야 할 점에 대하여 이야기해 주셨다.

사람의 시력은 눈의 어느 부분과 관련이 있으며, 눈은 어떤 구조로 되어 있을까?



354 Ⅶ. 자극과 반응

**찾아보기**

- 인체의 비밀(2009), 스티브 파커 저, 이미정 역, 대교 출판
- 대한 홍채 의학회 http://www.iridology.or.kr

## 과학 돋보기



### ❀ 감각 기관과 적합 자극

눈은 빛을 자극으로 받아들이지만 소리는 감지하지 못한다. 이처럼 각 감각 기관은 특정한 자극만을 받아들이도록 분화되어 있는데, 각각의 수용체가 받아들이는 자극을 적합 자극이라고 한다.

**❸ 감각 기관 종류에 따른 적합 자극**

| 감각 기관 | 수용체 | 적합 자극 | 감각 |
|---|---|---|---|
| 눈 | 망막 | 빛(400～700 nm의 가시광선) | 시각 |
| 귀 | 달팽이관 | 음파(20～20,000 Hz) | 청각 |
| | 전정 기관 | 몸의 기울기(중력의 변화) | 평형 감각 |
| | 반고리관 | 림프의 관성(회전의 변화) | 평형 감각 |
| 코 | 후각 상피 | 기체 상태의 화학 물질 | 후각 |
| 혀 | 맛봉오리 | 액체 상태의 화학 물질 | 미각 |
| 피부 | 감각점 | 압력, 접촉, 아픔, 온도 변화 | 피부 감각 |

## | 관련 지식 |

### ❀ 컬러 렌즈 착용의 부작용

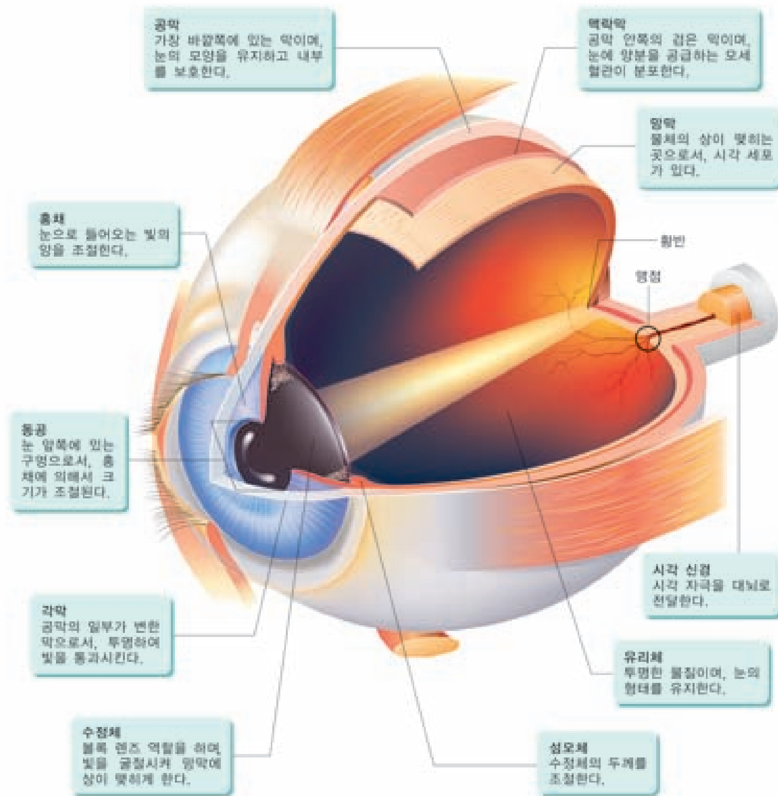
컬러 렌즈는 일반 시력 교정용 소프트 렌즈나 산소 투과 렌즈에 비해 산소 투과율이 낮기 때문에 눈이 건조해지기 쉽고, 장기간 사용하면 각막염, 각막 궤양 등을 일으킬 위험성이 높다. 이러한 부작용을 줄이기 위해서는 자신에게 맞는 렌즈를 구입하여 세척과 소독을 깨끗이 하고 단백질도 정기적으로 제거해 주어야 한다.

**눈의 구조와 시각의 전달 경로**

우리는 눈을 통해 세상의 다양한 모습을 본다. 화려한 색깔의 꽃이나 거대한 크기의 건축물을 볼 수 있는 것도 눈이 있기 때문이다. 사람의 눈은 빛을 받아들이는 **감각 기관**으로서, 눈을 통해 빛 자극을 받아들이는 감각을 **시각**이라고 한다. 세상을 보여 주는 통로인 눈은 어떤 모양을 하고 있을까?

사람의 눈을 앞에서 보면 동공과 홍채, 각막, 공막이 보이지만, 눈은 그 밖에 맥락막, 망막, 수정체, 섬모체, 유리체 등으로 이루어져 있다.

용어 **감각 기관**
눈, 귀, 코, 혀, 피부와 같이 동물의 몸에서 주변의 자극을 받아들여 뇌로 전달하는 기관이다.




❸ 그림 Ⅶ-1 눈의 구조

1. 감각 기관 355

## ❀ 눈의 구조

눈은 지름이 2.5 cm 정도의 타원형 모양으로, 외섬유층, 혈관 색소층, 신경층과 같은 세 개의 층으로 이루어져 있다.

(1) **외섬유층** 외섬유층은 각막과 공막으로 이루어져 있다. 각막과 공막은 대부분 콜라젠 섬유로 이루어져 있어 매우 질긴 편이다. 각막은 섬유들이 규칙적으로 배열되어 있어 투명하고, 공막은 섬유들이 불규칙적으로 배열되어 있어 불투명하다.

(2) **혈관 색소층** 혈관 색소층은 홍채, 섬모체, 맥락막으로 이루어져 있다. 홍채는 각막 바로 뒤쪽에 멜라닌 색소가 분포되어 있는 부분이며, 홍채 바로 뒤에는 볼록 렌즈 모양의 수정체가 있다. 수정체 주변에는 섬모체가 있으며, 수정체와 섬모체 사이에는 진대가 있다. 또한 공막 바로 안쪽에는 모세 혈관이 분포하여 눈에 양분을 공급하는 맥락막이 있다.

(3) **신경층** 눈 안쪽의 신경층을 이루고 있는 것은 대부분 망막이다. 망막은 바깥쪽의 색소층과 안쪽의 신경층으로 나누어져 있다. 망막에 있는 막대 세포는 희미한 빛에서 밝음과 어두움을 구별하며, 망막에 있는 원뿔 세포는 색깔에 민감하다.

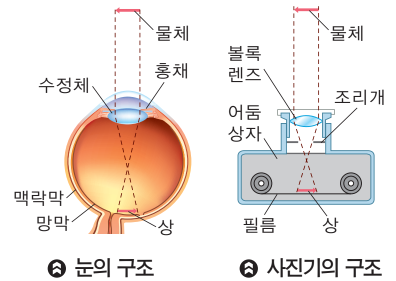
## | 관련 지식 |

### ❀ 눈과 카메라의 구조 비교

사람, 침팬지, 개구리와 같은 척추동물과 오징어, 문어 등과 같은 연체동물의 눈은 카메라의 구조와 비슷하다.

❸ 눈과 카메라의 비교

| 눈 | 카메라 | 역할 |
|---|---|---|
| 눈꺼풀 | 셔터 | 빛의 차단 |
| 수정체 | 렌즈 | 빛의 굴절 |
| 홍채 | 조리개 | 빛의 양 조절 |
| 맥락막 | 어둠상자 | 빛 퍼짐 방지 |
| 망막 | 필름 | 상 맺힘 |




❷ 눈의 구조 ❷ 사진기의 구조

**✚참고 자료** 인간의 시력은 어디까지인가?

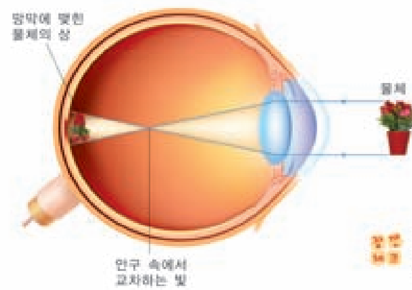
시력 검사표를 보면 최고치가 2.0으로 표기되어 있기 때문에 대부분 시력의 한계를 2.0으로 알고 있다. 그러나 몽골 인의 경우 최고 시력이 5.0에서 많게는 8.0까지 나오는 경우도 있다고 한다. 이는 강 건너에 있는 작은 간판이나 책 표지의 글씨를 읽을 정도의 시력에 해당된다.

몽골 인들은 오래전부터 넓은 초원에서 양을 기르며 자유롭게 생활하는 유목민이었다. 따라서 항상 먼 곳을 응시하며 언제 닥칠지 모르는 위험으로부터 대비해야만 하였다. 이들에게 눈(시력)은 넓은 초원에서 자신들이 생존할 수 있는 버팀목이었던 것이다. 이처럼 인간도 야생 동물처럼 살아가는 환경에 따라 얼마든지 눈(시력)이 진화한다고 볼 수 있다.

**잠깐 체크**

빛 → 각막 → 수정체 → 유리체 → 망막(시각 세포) → 시각 신경 → 대뇌

감각 기관에서 받아들인 자극은 신경 세포로 전해진 후 뉴런에서 막전위의 변화와 화학 물질의 분비 등이 일어나 대뇌까지 전달된다.




❻ 그림 Ⅶ-2 망막_ 망막에는 상이 거꾸로 맺힌다.

우리는 눈을 통해 어떻게 물체를 보는 것일까?

각막을 통과한 빛이 수정체에서 굴절되면 망막에 상이 거꾸로 맺히게 된다. 이때 망막에 있는 시각 세포가 빛을 자극으로 받아들이고, 이 자극은 시각 신경을 통해 대뇌로 전달된다. 대뇌는 정보를 통합하여 물체를 똑바로 인식한다.

잠깐 체크 대뇌에서 시각이 성립되기 위해 자극이 전달되는 경로를 나열해 보자.

**탐구 활동** 소눈 해부



목표

소눈을 해부하여 눈의 구조를 설명할 수 있다.

준비물

소눈, 해부 접시, 해부용 칼, 해부용 가위, 핀셋, 실험용 장갑, 신문지

과정

❶ 소눈의 양 옆을 손으로 눌러서 볼록하게 한 다음, 겉모양을 관찰한다.
❷ 공막과 각막이 만나는 지점을 찾아 칼집을 낸 후 가위를 이용하여 잘라 낸다.
❸ 반으로 자른 소눈을 홍채가 찢어지지 않도록 핀셋을 이용하여 홍채를 조심스럽게 들어 낸다.
❹ 핀셋을 이용하여 조심스럽게 수정체를 분리하고, 유리체를 완전히 제거한다.
❺ 수정체를 글자 위에 올려놓고 어떻게 보이는지 관찰한다.
❻ 소눈의 안쪽을 뒤집어 망막, 맥락막, 맹점을 관찰한다.

356 Ⅶ. 자극과 반응

## 탐구 활동 관찰(동영상)

### 탐구 목표

소눈을 해부하여 눈의 구조를 설명할 수 있다.

### 원리 설명

소눈과 사람의 눈은 반사판(고양이나 소와 같은 동물의 눈에 있는 구조로서, 빛을 반사하며 청록색을 띤다.)을 제외하고는 대체로 비슷하기 때문에 해부용으로 많이 쓴다.

### 유의점

1 해부용 칼과 해부 가위를 사용할 때에는 안전 사고에 특히 유의한다.
2 학생들이 생명을 존중하는 태도로 실험에 임하도록 지도한다.

**효과적인 수업을 위한 Tip**

홍채는 찢어지기 쉬우므로 핀셋으로 살살 잡아당겨서 분리한다.

### 결과

1 각막, 홍채, 동공
2 검은색을 띠는 맥락막으로 싸여 있기 때문이다.
3 글자가 확대되어 보인다.

### 해석 | 창의·인성

1 홍채는 눈으로 들어오는 빛의 양을 조절하고, 수정체는 빛을 굴절시켜 망막에 상이 맺히게 한다.
2 맥락막이 암막 역할을 못하여 망막에 상이 제대로 맺히지 못할 것이다.

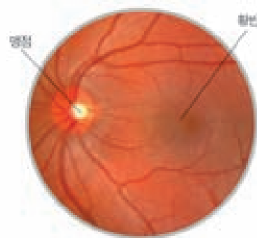
### 평가 기준표

| | 평가 문항 | 점수(✓) 상 | 중 | 하 |
|---|---|---|---|---|
| 과정 | 1. 소눈의 해부 과정을 알고 해부 기구를 적절하게 사용하고 있는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 소눈을 이루고 있는 각각의 부분들을 제대로 분리하였는가? | □ | □ | □ |
| 결과 | 1. 소눈의 구조와 각 부분의 이름을 알고 있는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 글자 위에 수정체를 올려놓았을 때 수정체 아래 글자의 모양을 옳게 설명하고 있는가? | □ | □ | □ |
| 해석 | 1. 홍채와 수정체의 기능을 바르게 설명하고 있는가? | □ | □ | □ |
| | 2. 맥락막의 기능을 알고 있는가? | □ | □ | □ |

망막 가운데에는 상이 가장 뚜렷하게 맺히는 부분이 있다. 이 부분을 **황반**이라고 한다. 한편, 망막에서 시각 신경이 모여 나가는 부분에는 시각 세포가 없어 상이 맺혀도 보이지 않게 되는데, 이 부분을 **맹점**이라고 한다.

눈은 물체에 대한 정확한 정보를 얻기 위하여 정교한 구조로 발달되어 있다. 소눈을 관찰하여 눈의 구조에 대하여 알아보자.

잠깐 체크 망막에서 시각 세포가 없는 부분과 상이 가장 뚜렷하게 맺히는 부분은 각각 어디인가?




❶ 그림 Ⅶ-3 황반과 맹점

관찰(동영상)

결과

1 소눈을 정면으로 봤을 때 무엇이 보이는가?

2 소눈 안쪽이 어두운 색을 띠는 이유는 무엇인가?

3 수정체를 통해 글자를 보면 어떻게 보이는가?

해석 창의 · 인성

1 눈에서 홍채와 수정체는 어떤 일을 하는지 설명해 보자.

2 만일 맥락막이 투명하다면 어떤 문제가 생길지 토의해 보자.

유·의·점

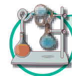
1. 가급적 냉동되지 않은 소눈을 이용한다.
2. 각막 주위를 절개할 때 수정체가 손상되지 않도록 주의한다.
3. 실험에 사용한 소눈은 냉동 보관 후 폐기물 처리 절차에 따라 폐기한다.
4. 실험에 사용하는 소눈을 가지고 장난을 치지 않으며, 생명을 존중하는 태도로 실험한다.
5. 해부용 칼과 해부용 가위를 사용할 때에는 안전 사고에 특히 유의한다.

❹ ❺ ❻

1. 감각 기관 357

잠깐 체크

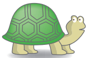
- 시각 세포가 없는 부분: 맹점
- 상이 가장 뚜렷하게 맺히는 부분: 황반



학습 자료실

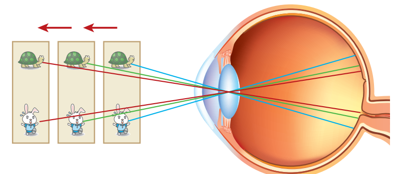
❀ 맹점의 확인





❷ 맹점 시험도(축소도)

왼쪽 눈을 감은 상태로 오른쪽 눈으로 맹점 시험도에 있는 토끼를 바라보면서 맹점 시험도와 눈과의 거리를 다르게 하면 거북이가 보이지 않을 때가 있다. 그 이유는 토끼 그림은 황반에 상이 맺혔지만 거북이 그림은 맹점에 상이 맺혔기 때문이다.



❷ 물체의 거리에 따른 망막에서 상의 위치

눈과 물체와의 거리가 달라지면 정확한 상을 맺기 위해 수정체의 두께가 변한다. 이때 굴절률이 변하여 망막에 상이 맺히는 위치가 달라진다. 만약 상이 맹점에 맺히게 되면 물체를 볼 수 없게 된다.

❀ 망막에 거꾸로 맺힌 상을 바르게 인식하는 이유

수정체는 볼록 렌즈와 유사한 역할을 하기 때문에 망막에는 거꾸로 된 상이 맺힌다. 그러나 눈은 빛을 수용하는 기관으로 실제로 보는 것은 대뇌이다.

대뇌는 과거의 수많은 경험들을 통해 전달된 상을 판단한다. 즉, 망막에 거꾸로 맺힌 상을 대뇌가 다시 뒤집어서 판단하기 때문에 올바른 상을 볼 수 있는 것이다.



과학 돋보기

❀ 시각의 성립

빛이 망막에 도달하면 시각 세포 내에 있는 감광 물질이 빛에너지에 의해 분해되면서 화학 에너지가 방출되는 광화학 반응이 일어난다. 이 반응으로 시각 세포가 흥분하는 전기적 변화가 일어나고, 이 전기 신호가 시각 신경을 통해 대뇌의 시각 중추로 전해지면 시각이 성립된다.

| 빛 → 각막 → 동공 → 수정체 → 유리체 → 망막(시각 세포) → 시각 신경 → 대뇌 |
|---|

❀ 황반과 맹점

빛을 느끼는 시각 세포가 분포되어 있는 망막에는 황반과 맹점이 있다. 황반은 망막의 중심 부분으로, 지름 4 mm 정도의 원 모양이다. 황반은 물체의 상이 가장 뚜렷하게 맺힌다. 황반 주변에도 시각 세포가 있기 때문에 넓은 범위를 흐릿하게 볼 수는 있지만 뚜렷하게 볼 수 있는 범위는 한정되어 있다. 반면, 맹점은 시각 신경이 모여 나가는 곳으로, 시각 세포가 없기 때문에 상이 맺혀도 물체를 볼 수 없다.

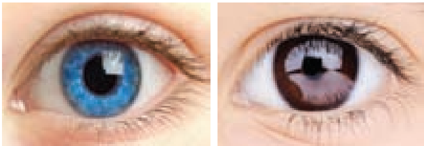
과학돋보기 

### ❀ 인종마다 눈동자의 색이 다른 이유

사람의 눈 색깔은 검은색, 파란색, 갈색, 초록색, 회색 등과 같이 인종에 따라 다양하다.

보통 눈 색깔이라고 하는 것은 홍채의 색깔을 말한다. 홍채의 색깔은 여러 가지 유전자의 작용과 멜라닌이라는 색소에 의해 결정된다. 멜라닌은 자외선을 차단하여 피부를 보호하는데, 멜라닌을 만드는 세포가 많은 인종일수록 눈동자와 머리카락 색깔이 검고 피부색도 짙다. 일반적으로 멜라닌 색소는 백인종보다는 황인종이 더 많고, 황인종보다는 흑인종이 더 많다.

홍채에 멜라닌 색소가 적으면 눈동자는 파란색을 띠고, 멜라닌 색소의 양이 많아질 수록 갈색이나 검은색을 띤다. 또한 홍채에 멜라닌이 결핍되면 눈동자가 혈관처럼 붉은색을 띠게 된다. 그 이유는 눈의 홍채가 투명해져 눈의 붉은색 혈관이 비치기 때문이다.



❶ 멜라닌 색소가 적을 때 ❷ 멜라닌 색소가 많을 때

### ❀ 눈의 명암 조절

눈으로 들어오는 빛의 양은 홍채에 있는 종주근과 환상근의 수축과 이완 작용에 의해 조절된다. 환상근은 홍채의 안쪽 끝에 있으며, 종주근은 홍채의 안쪽과 바깥쪽 사이에 방사형으로 퍼져 있다.

어두운 곳에서는 종주근이 수축하고 환상근이 이완하여 동공이 커지므로 많은 양의 빛이 눈으로 들어오게 된다. 반대로 밝은 곳에서는 종주근이 이완하여 잡아당겼던 근육이 풀어지면서 환상근이 수축하게 되어 동공이 작아지므로 눈으로 들어오는 빛의 양이 적어진다.

환상근은 부교감 신경에 의해 조절되고, 종주근은 교감 신경에 의해 조절된다. 따라서 놀라거나 흥분할 때도 종주근이 수축하여 동공이 커진다.

눈의 조절

서양인과 동양인의 눈 색깔이 서로 다른 이유는 무엇일까? 각막과 수정체 사이에는 멜라닌 색소가 있는 **홍채**가 있다. 홍채에 멜라닌 색소가 적으면 눈은 파란색으로 보이고, 멜라닌 색소가 많으면 검은색이나 갈색으로 보인다. 따라서 홍채에 있는 멜라닌 색소의 양과 분포에 따라 눈동자의 색깔이 결정된다. 홍채의 색과 무늬는 사람마다 다르기 때문에 지문처럼 개인 식별에 이용되기도 한다.

카메라를 이용하여 사진을 찍을 때에는 빛의 양을 조절하는 일이 중요하다. 마찬가지로 우리가 물체를 인식하기 위해서도 적당한 양의 빛이 필요하다. 사진을 찍을 때에는 주변의 밝기에 따라 조리개를 열거나 조여 줌으로써 빛의 양을 조절한다. 사람의 눈에도 사진기의 조리개와 같은 역할을 하는 부분이 있을까?

우리가 물체를 볼 때 주변이 어두운 곳에서는 눈으로 많은 빛이 들어오게 하기 위해 홍채의 면적이 줄어 동공이 커진다. 반대로 주변이 밝은 곳에서는 눈으로 들어오는 빛의 양을 줄이기 위해 홍채의 면적이 늘어나 동공이 작아진다. 이처럼 홍채는 사진기의 조리개와 같이 빛의 양을 조절하는 역할을 한다.

❶ 그림 Ⅶ-4 홍채 인식 장치_ 사람마다 홍채의 색이나 무늬가 다르기 때문에 이를 인식하여 누구인지 식별할 수 있다.

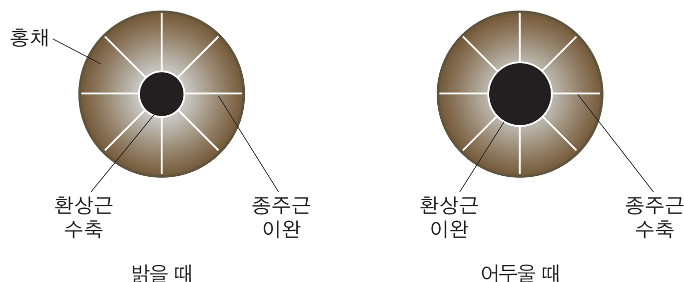



❶ 그림 Ⅶ-5 눈의 명암 조절

358 Ⅶ. 자극과 반응

❸ 눈의 명암 조절

| 구분 | 밝을 때 | 어두울 때 |
|---|---|---|
| 홍채의 환상근 | 수축 | 이완 |
| 홍채의 종주근 | 이완 | 수축 |
| 동공 | 축소 | 확장 |
| 눈으로 들어오는 빛의 양 | 감소 | 증가 |




❹ 홍채의 조절 작용

돋보기를 이용하여 물체를 볼 때에는 초점을 맞추기 위해 돋보기를 앞뒤로 움직인다. 사람의 눈도 같은 방법으로 초점을 맞추는 것일까?

눈의 초점 조절 과정은 눈과 물체 사이의 거리에 따라 **수정체**의 두께가 달라지면서 조절된다. 만약 수정체의 두께가 일정하다면 가까운 물체를 볼 때에는 상이 망막 뒤쪽에 맺히고, 멀리 있는 물체를 볼 때에는 상이 망막 앞쪽에 맺히게 된다. 그러나 사람의 수정체는 앞뒤로 움직일 수 없다. 따라서 물체와 눈 사이의 거리가 달라지면 수정체의 두께를 조절함으로써 뚜렷한 상을 얻을 수 있다.

수정체에는 **섬모체**가 연결되어 있다. 섬모체는 수정체의 두께를 변화시켜 원근 조절을 한다. 예를 들어 멀리 있는 물체를 볼 때에는 섬모체가 이완되어 수정체의 두께가 얇아진다. 반면에, 가까이 있는 물체를 볼 때에는 섬모체가 수축되어 수정체의 두께가 두꺼워지므로 망막에 상이 뚜렷하게 맺힌다.

**더 자세히**

수정체와 섬모체 사이에는 진대라는 부분이 있어 섬모체와 함께 수정체의 두께를 조절해 준다.
- 멀리 있는 물체를 볼 때에는 섬모체가 이완되고, 진대가 당겨져서 수정체의 두께가 얇아진다.
- 가까이 있는 물체를 볼 때에는 섬모체가 수축하고, 진대가 느슨해져서 수정체의 두께가 두꺼워진다.

잠깐 체크 수정체의 두께가 두꺼울 때와 얇을 때 상이 맺히는 위치는 각각 어떻게 변하는가?

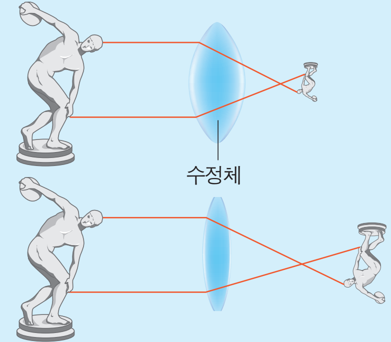



그림 Ⅱ-6 눈의 원근 조절

1. 감각 기관 359

**잠깐 체크**

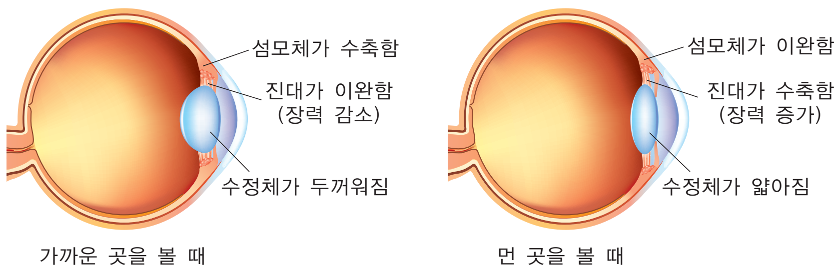
수정체의 두께가 두꺼우면 상은 가까운 쪽에 맺히고, 수정체의 두께가 얇으면 상은 먼 쪽에 맺힌다.




수정체의 두께와 초점 거리

### 눈의 원근 조절

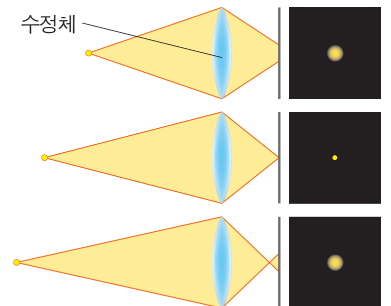
정상적인 시력의 중요한 요소는 원근 조절이다. 즉, 먼 곳에서 가까운 곳으로 또는 그 반대로 초점을 조절하는 눈의 반사 능력이 중요하다. 눈은 수정체의 두께를 달리함으로써 빛의 굴절을 조절하여 망막에 상이 정확하게 맺히게 한다. 가까운 곳을 볼 때에는 섬모체가 수축하면서 진대(섬모체 인대)가 이완되어 수정체가 두꺼워진다. 반면, 먼 곳을 볼 때에는 섬모체가 이완되면서 진대가 수축하여 수정체가 위아래로 당겨져 얇아진다.




거리에 따른 수정체의 두께 조절

**참고 자료** 수정체의 두께가 일정하다면?

수정체의 두께가 일정하다면 멀리 있는 물체는 망막 앞쪽에 상이 맺히고 가까이 있는 물체는 망막 뒤쪽에 상이 맺힌다. 따라서 물체와의 거리가 달라지면 또렷한 상을 얻을 수가 없다.




물체의 거리에 따른 초점 변화

**학습 자료실**

### 가까운 곳의 물체가 크게 보이는 이유

같은 크기의 물체도 렌즈와의 거리가 달라지면 굴절률에 따라 상이 맺히는 위치와 함께 상의 크기도 달라진다. 즉, 가까운 곳에 있는 물체는 멀리 있는 물체보다 망막에 더 크게 상이 맺히게 된다. 따라서 가까운 곳에 있는 물체가 더 크게 보이는 것이다.



### ❀ 왜 눈에는 김이 서리지 않을까?

김이 서리는 가장 큰 이유는 내부와 외부의 온도가 다르기 때문이다. 이것은 마치 컵 안에 차가운 물을 부으면 컵 표면에 물방울이 생기는 원리와 같다.

그러나 눈에는 김이 서리지 않는다. 그 이유는 눈 표면이 눈물샘에서 나온 눈물로 덮여 있어 외부 온도와 상관없이 항상 일정한 온도와 습도가 유지되기 때문이다. 따라서 수증기가 각막에 접촉해도 물방울이 맺히지 않아 눈에는 김이 서리지 않는다. 그러나 너무 많은 수증기를 한꺼번에 쐬었을 때는 우리 눈도 순간적으로 뿌옇게 되었다가 깜빡이면 다시 정상으로 돌아오는 현상이 나타나기도 한다.

#### 효과적인 수업을 위한 Tip

추운 곳에 있다가 따뜻한 곳으로 들어가거나 뜨거운 음식을 먹을 때 안경에 김이 서리는 것과 같은 다양한 경험들을 이야기해 보도록 하고, 눈에 김이 서리지 않는 이유를 자유롭게 발표하게 한다.



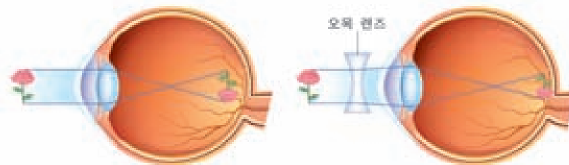
**시력 교정**

주변을 둘러보면 안경을 쓴 사람들을 많이 볼 수 있다. 친구들 중에는 가까운 곳에 있는 물체는 뚜렷하게 보이지만 멀리 있는 물체는 뚜렷하게 보이지 않는 경우가 있다. 이러한 눈의 이상을 **근시**라고 한다. 근시는 수정체와 망막 사이의 거리가 정상인보다 멀거나 수정체가 두꺼워 상이 망막 앞쪽에 맺히는 증상이다. 이러한 근시는 오목 렌즈로 교정한다.

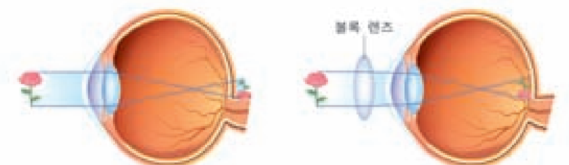
또한 멀리 있는 물체는 뚜렷하게 보이지만 가까이 있는 물체는 뚜렷하게 보이지 않는 경우도 있다. 이러한 눈의 이상을 **원시**라고 한다. 원시는 수정체와 망막 사이의 거리가 짧거나 수정체가 얇아 상이 망막 뒤쪽에 맺히는 증상이다. 이러한 원시는 볼록 렌즈로 교정한다.

**난시** 각막이나 수정체의 표면이 고르지 않아 물체의 상이 여러 겹으로 보이거나 찌그러져 보이는 눈의 이상이다.

**노안** 나이가 들수록 수정체의 탄력이 약해져서 가까운 곳의 물체를 볼 때 수정체가 두꺼워지지 않는 눈의 이상이다. 노안도 볼록 렌즈로 교정한다.




❹ 그림 Ⅶ-7 **근시**. 오목 렌즈로 교정한다.




❺ 그림 Ⅶ-8 **원시**. 볼록 렌즈로 교정한다.

**과학 자료실** 왜 눈에는 김이 서리지 않을까?

안경 렌즈는 유리나 플라스틱으로 만들어 표면이 건조하다. 수증기는 건조한 안경 렌즈에 쉽게 달라붙는다. 이때 안경 렌즈의 온도가 수증기보다 낮기 때문에 수증기는 안경 렌즈에 달라붙으면서 물방울로 변한다. 반면에, 각막은 촉촉한 눈물로 덮여 있어 외부 온도와 상관없이 항상 일정한 온도와 습도를 유지한다. 이런 이유로 수증기가 눈의 각막과 접촉해도 물방울이 맺히지 않아 각막에는 김이 서리지 않는다.



360 Ⅶ. 자극과 반응

#### ✚ 참고 자료 수술복이 초록색인 이유

대부분의 수술에서는 출혈이 불가피하다. 그런데 수술실에 설치된 무영등은 환자의 수술 상태를 잘 확인할 수 있도록 만들어져 있어 매우 밝다. 만약 의사가 무영등과 같은 강한 조명 아래에서 오랫동안 수술을 할 때 붉은 피를 계속 보게 된다면 빨간색을 감지하는 원뿔 세포가 피로해진다. 이때 하얀 가운을 입은 동료 의사나 간호사를 바라보면 빨간색의 보색인 초록색의 잔상이 남는다. 이 잔상은 의사의 시야를 혼동시켜 집중력을 떨어뜨릴 수 있기 때문에 잔상을 느끼지 못하도록 수술실에서는 초록색 가운을 입는다.




### ❀ 난시의 원인

난시란 각막이나 수정체의 표면이 고르지 않아서 굴절 이상이 생겨 물체의 상이 여러 개로 겹쳐 보이는 증상이다. 난시는 각막과 수정체 모두에서 발생할 수 있으나 대부분의 경우 각막에서 발생한다.

정상인 각막은 둥근 모양이다. 그러나 난시인 사람의 각막에서는 빛이 일정하게 굴절되지 못하기 때문에 물체의 상이 망막의 앞쪽 또는 뒤쪽의 서로 다른 위치에 맺히게 되어 물체가 겹쳐 보이는 것이다.

난시가 생기는 원인은 정확하게 밝혀져 있지 않지만 유전적인 요인으로서, 부모에게 난시가 있으면 자녀에게도 난시가 생길 가능성이 높다. 그리고 눈꺼풀이 눈을 누르거나 눈썹이 닿는 경우에도 난시가 생길 수 있으며, 각막 질환을 앓거나 수술을 받은 후 난시가 생기는 경우도 있다. 또 각막의 중심부가 서서히 얇아지면서 원뿔 모양으로 돌출되는 질병인 '원추각막'의 경우에는 심한 난시를 유발할 수 있다.

난시는 렌즈를 이용하여 교정이 가능하며, 최근에는 라식, 라섹 등과 같이 엑시머 레이저를 이용한 수술 기법으로 교정하기도 한다.

### 두 눈이 필요한 이유

사람은 두 개의 눈을 가지고 있지만 물체가 두 개로 보이는 것은 아니다. 한쪽 눈을 감아도 물체의 크기나 모양, 색깔을 구분할 수 있다.

두 눈이 필요한 이유는 무엇일까?

사람의 눈은 약간의 간격을 두고 서로 떨어져 있다. 따라서 물체를 볼 때 양쪽 눈은 미세하지만 다른 각도로 물체를 보게 되며, 두 눈에서 본 모양이 대뇌에서 통합되어 물체의 입체적인 모양과 거리를 판단할 수 있다. 그러므로 한쪽 눈을 감으면 양쪽 눈과 물체 사이의 각도를 정확하게 알 수 없다. 따라서 물체를 입체적으로 보거나 물체와의 거리를 알기 위해서는 두 눈으로 보아야 한다.

일상생활에서 맹점의 존재를 느끼지 못하는 이유도 두 눈이 있기 때문이다. 맹점이 있어도 평소에는 큰 불편함을 느끼지 않는다. 왜냐하면 양쪽 눈의 맹점 위치가 서로 다르기 때문에 두 눈이 서로의 맹점을 보완해 주기 때문이다.



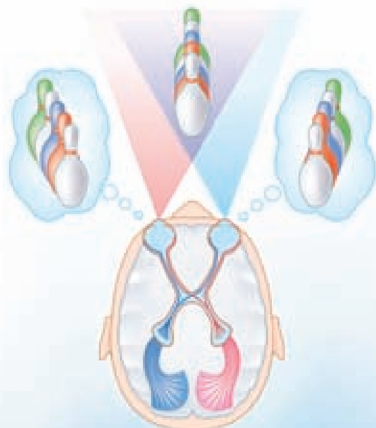
❸ 그림 Ⅶ-9 연필 맞추기_ 한쪽 눈을 감은 상태에서는 두 눈을 떴을 때보다 연필 끝을 맞추기가 어렵다.

**참고 입체 영화**

영화관에서 상영하는 입체 영화도 두 눈을 모방한 것이다. 최근에는 오른쪽 영상과 왼쪽 영상을 두 개의 렌즈로 동시에 촬영하는 카메라가 개발되어 사용되고 있다. 촬영한 영상을 동시 투사기로 스크린에 비추게 되면 입체적인 영상이 만들어진다.



❸ 그림 Ⅶ-10 3D 카메라_ 입체 영화를 촬영할 때 사용된다.



❸ 그림 Ⅶ-11 두 눈의 필요성

**자기 주도 학습**

**개념 확인하기**

❶ 먼 곳을 볼 때 섬모체와 수정체는 어떻게 변하는가?

❷ 근시가 되는 이유는 무엇인가?

**과학과 의학 연관 짓기**

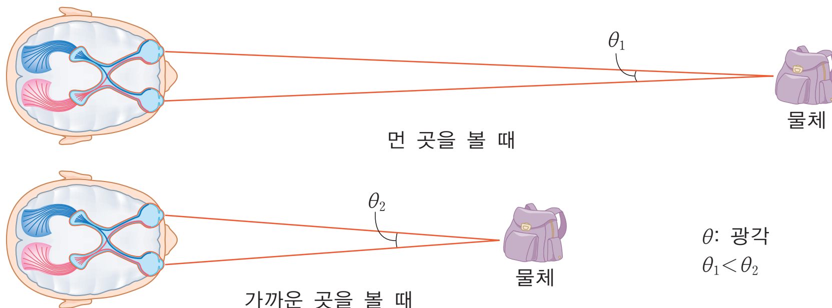
수정체가 혼탁해지면서 시력이 떨어지고 물체가 뿌옇게 보이는 백내장 환자의 경우 눈에 인공 수정체를 삽입하기도 한다. 인공 수정체가 초점을 조절하는 방법에 대하여 조사해 보자.

1. 감각 기관 361

### ❀ 두 눈과 거리 감각

두 눈으로 물체를 볼 때 거리감을 느낄 수 있는 것은 두 눈과 물체가 이루는 각의 차이를 대뇌가 인지하기 때문이다. 두 눈과 물체가 이루는 각도가 클수록 가까이 있는 물체이고, 각도가 작을수록 멀리 있는 물체이다.

사람은 두 눈을 통해 물체의 서로 다른 면을 보고 있기 때문에, 물체를 입체적으로 볼 수 있고 물체와의 거리감도 느낄 수 있다.




❸ 두 눈과 거리 감각

## 자·기·주·도·학·습

▶ **개념 확인하기**

❶ 섬모체는 이완되고, 수정체의 두께는 얇아진다.

❷ 근시는 수정체와 망막 사이의 거리가 정상인보다 멀거나 수정체의 두께가 지나치게 두꺼운 경우에 나타나는 눈의 이상이다.

▶ **과학과 의학 연관 짓기**

일반적으로 백내장 수술에 사용하는 인공 수정체는 한군데에만 초점을 맞추어 준다. 이 때문에 먼 거리는 잘 보이게 되더라도 책을 읽는 것과 같은 근거리 작업을 하는 경우에는 돋보기를 착용해야 한다. 최근 많이 사용하고 있는 다초점 인공 수정체의 경우에도 인공 수정체가 수축 이완 작용을 직접 하지는 못한다. 그러나 다초점 인공 수정체는 렌즈의 앞쪽 표면을 나누어 다초점화함으로써 멀리 있는 물체를 볼 때의 시력과 가까이 있는 물체를 볼 때의 시력의 불편함을 줄여 주는 것이다.

## ✚참고 자료 입체 영화

입체 영화는 두 대의 사진기 또는 쌍둥이 렌즈가 부착된 사진기로 촬영하는데, 하나는 왼쪽 눈의 역할을 하고, 다른 하나는 오른쪽 눈의 역할을 한다. 이 두 렌즈는 사람의 두 눈 간격과 비슷하게 떨어져 있다. 이 사진기로 촬영한 영상은 두 대의 동시 투사기에 의해 스크린에 투사된다. 관객은 다른 색깔을 띠거나 편광인 안경을 착용함으로써 입체적인 영상을 볼 수 있다. 즉, 관객들은 현실적으로는 영상을 따로따로 보고 있지만 두 개의 약간 다른 영상들이 대뇌에서 합쳐져서 입체적인 형태로 느끼게 된다. 최근에는 특수 안경을 쓰지 않고도 입체 영화를 감상할 수 있는 기술이 개발되었다.

# 1-2 귀

## | 학습 내용 안내 |

(1) 귀의 구조를 통해 소리를 느끼는 과정을 이해한다.

(2) 반고리관과 전정 기관을 통해 평형 감각을 어떻게 느낄 수 있는지 이해한다.

## | 학습 전개 |

도입 글을 통해 귀는 어떻게 소리를 받아들이고, 몸의 자세 유지와 어떤 관련이 있는지 생각해 보게 한다.



귀의 구조를 통해 청각의 전달 경로를 설명하게 한다.



반고리관과 전정 기관의 구조를 통해 우리 몸이 평형 감각을 어떻게 느끼는지 토의하여 발표하게 한다.

**찾아보기**

- 우리의 몸(2009), 스티브 파커 저, 김재면 역, 루덴스
- 동물 상식을 뒤집는 책(2011), 존 로이드 외 1저, 전대호 역, 해나무
- 대한 청각학회 http://www.audiosoc.or.kr

## | 관련 지식 |

### 초음파와 동물

초음파로 물체를 탐지하는 동물이 있다. 그 대표적인 동물로 박쥐가 있는데, 박쥐는 귀로 사물의 위치를 판단할 수 있는 특수한 능력을 가지고 있다. 고래나 돌고래도 입에서 초음파를 발생시켜 먹이나 장애물을 식별하거나 동료를 알아낼 수 있다. 또 곤충 중에도 초음파로 같은 종의 곤충과 서로 신호를 주고받는 것이 있다.



# 1-2 귀

**학습 목표**

- 청각의 전달 경로에 대하여 말할 수 있다.
- 몸의 평형을 유지하는 기관을 말할 수 있다.



박쥐는 사람에게는 없는 비상한 능력을 가지고 있다.

박쥐들은 캄캄한 동굴에 살면서도 서로 부딪히지 않는다.

박쥐는 어떻게 어두운 동굴 속에서 살아갈까?

비밀은 바로 청각에 있다. 박쥐는 성대를 빨리 움직여 초음파를 발생시킨다. 박쥐의 입에서 나간 초음파는 주변 물체에 부딪힌 후 다시 박쥐의 귀로 전달된다. 따라서 박쥐는 눈으로 물체를 보는 것이 아니라 반사되어 오는 소리를 듣고 물체의 크기와 위치, 방향을 파악하는 것이다. 박쥐의 소리 정보는 거미줄까지 식별할 정도로 정확하다. 또한 박쥐는 예민한 청각을 이용하여 떨어진 거리를 알아내어 벽에 부딪힐 것 같으면 순간적으로 자세를 바꾼다.

박쥐와 사람은 모두 귀를 가지고 있다. 박쥐의 귀처럼 사람의 귀도 많은 기능을 담당할 수 있을까? 사람의 귀는 어떤 구조로 되어 있을까?

**귀의 구조와 청각**

귀는 소리를 받아들이는 감각 기관이다. 물체가 진동하면 음파가 발생한다. 이 음파가 고막을 진동시키고 안으로 전달되기 때문에 우리는 소리를 들을 수 있다. 이처럼 귀를 통해 소리 자극을 받아들이는 감각을 **청각**이라고 한다.

사람의 귀는 어떻게 생겼으며, 소리는 귀 안에서 어떻게 전달될까?





### 청각의 성립

귓바퀴가 모은 음파가 고막을 진동시키면 이 진동은 귓속뼈에 의해 증폭되어 달팽이관으로 전달된다. 림프의 진동에 의해 달팽이관의 기저막이 상하로 움직이면 그 위에 있는 청각 세포의 감각털과 덮개막이 부딪히게 된다. 감각털의 움직임이 청각 세포를 자극하여 흥분을 일으키고, 이 흥분이 청각 신경에 의해 대뇌 겉질에 전달되면 소리를 감지하게 된다.

소리 → 귓바퀴 → 외이도 → 고막 → 귓속뼈 → 달팽이관 → 청각 세포 → 청각 신경 → 대뇌

### 귓속뼈에서의 소리 증폭

귓속뼈는 고막의 진동에 따라 지렛대처럼 움직이므로 이 진동은 귓속뼈를 지나면서 증폭된다. 즉, 고막에 전해지는 공기의 진동은 지렛대에서 받침점에 해당하는 망치뼈와 모루뼈의 연결 지점을 기준으로 망치뼈와 모루뼈를 돌리게 된다. 이때 망치뼈의 길이가 모루뼈보다 1.3배 정도 길어서 모루뼈 끝에서 등자뼈에 작용하는 힘의 크기가 1.3배 정도 커진다.

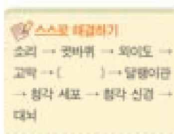
귀를 겉에서 보면 귓바퀴와 귓구멍만 보이지만 안쪽에는 고막, 귓속뼈, 달팽이관, 반고리관, 전정 기관 등으로 이루어져 있다.

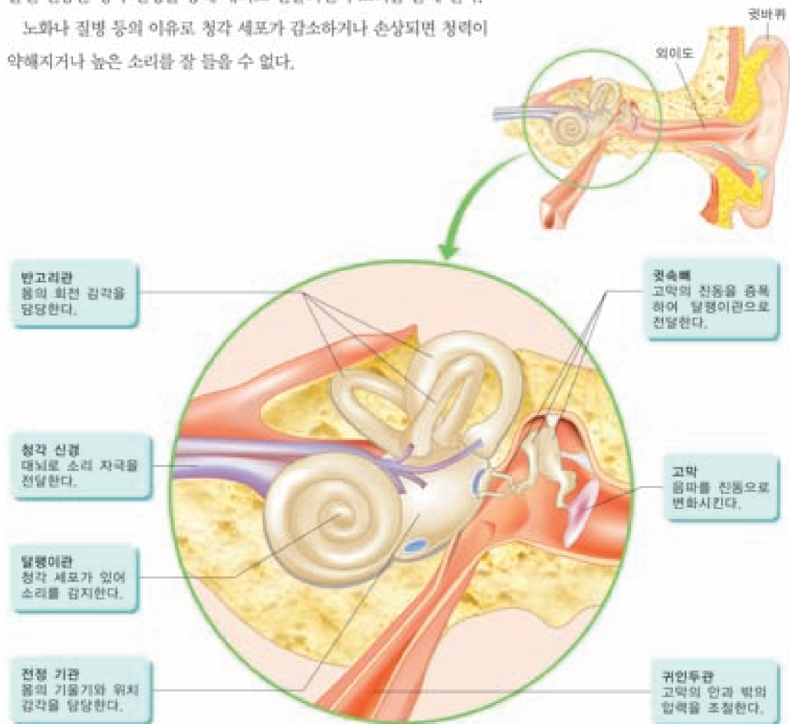
주위에서 오는 소리는 귓바퀴에서 모아진 다음, 외이도를 지나 고막을 진동시킨다. 고막은 두께가 0.1 mm 정도의 얇은 막이며, 탄력이 뛰어나서 공기의 미세한 진동까지 감지할 수 있다.

고막의 진동은 귓속뼈로 전달된다. 고막과 연결되어 있는 귓속뼈는 오디오의 증폭기와 같아서 작은 세 개의 뼈를 차례대로 지나면서 진동이 더욱 증폭되어 달팽이관으로 전달된다.

달팽이관에는 청각 세포가 있어 소리의 진동을 받아들인다. 청각 세포가 받아들인 진동은 청각 신경을 통해 대뇌로 전달되면서 소리를 듣게 된다.

노화나 질병 등의 이유로 청각 세포가 감소하거나 손상되면 청력이 약해지거나 높은 소리를 잘 들을 수 없다.




❶ 그림 Ⅶ-12 귀의 구조

1. 감각 기관 363

## 스스로 해결하기

소리 → 귓바퀴 → 외이도 → 고막 → ( 귓속뼈 ) → 달팽이관 → 청각 세포 → 청각 신경 → 대뇌

## 관련 지식

### 소음성 난청

소음성 난청은 큰 소리의 자극으로 생긴 청력의 이상을 말한다. 흔히 소음성 난청이라고 하면 총성이나 폭발음과 같은 아주 큰 소리를 들었을 때만 생기는 것으로 생각하기 쉽지만, 이어폰 소리에 장기간 노출되어도 생길 수 있다. 이어폰은 소리를 고막에 직접 전달하고 반사되는 소리가 빠져나가지 못하고 다시 증폭되므로, 더 큰 소리가 달팽이관에 전달될 수 밖에 없다.

### 소리가 나는 방향을 알 수 있는 이유

우리는 귀가 양쪽으로 하나씩 있어 소리가 나는 방향을 알 수 있다. 양쪽 귀에 도달하는 소리의 시간과 크기에 차이가 나기 때문이다. 예를 들어 소리가 왼쪽에서 나는 경우에는 왼쪽 귀가 소리를 더 빨리 감지하고, 소리의 크기도 오른쪽 귀보다 더 크게 들린다.

### 달팽이관

포유류의 속귀에 있는 길이가 3.5 cm인 관으로서, 약 두 바퀴 반 정도 돌돌 말린 달팽이 모양의 관이다. 달팽이관은 전정계, 달팽이세관, 고실계라고 하는 세 개의 방으로 나누어져 있으며, 각각의 방은 림프로 채워져 있다. 가운데 귀를 거쳐 온 소리의 진동이 달팽이세관으로 전달되면 림프액이 움직이고, 림프의 진동은 고막보다 30배나 얇은 타원형의 기저막을 진동시킨다. 기저막에는 코르티 기관이라고 하는 약간 돌출된 구조가 있으며, 여기에 청각 세포가 있다. 청각 세포의 표면에는 많은 섬모가 나 있으며, 이 섬모가 달팽이관 속의 속림프로 뻗어 있다.

### 고막

고막은 가로 9 mm 정도, 세로 8 mm 정도의 타원형이고 두께는 약 0.1 mm이지만, 탄성력이 매우 커서 150 mmHg의 압력에도 견딜 수 있다. 소리에 민감하여 표면을 10억분의 1 cm만 움직여도 진동을 탐지할 수 있다.

고막이 청력에 기여하는 정도는 약 40 %이다. 다른 질환이 없이 순수하게 고막만 파열되었을 때 청력은 약 40 % 감소할 뿐 전혀 못 듣는 것은 아니다. 또한 다쳐서 찢어졌거나 파열됐을 때도 비교적 회복이 잘되어 듣는 데 별 지장을 초래하지 않는다.

## 참고 자료 자신의 목소리와 녹음기의 목소리가 다른 이유

우리가 소리를 인식하는 것은 진동이 달팽이관의 청각 세포를 흥분시키기 때문이다. 외부의 소리를 들을 때에는 음파가 고막을 거쳐 귓속뼈, 청각 세포의 순으로 전달된다. 하지만 자신의 목소리는 외부에서 들려오는 소리와 자신의 머리를 울려 청각 세포가 흥분하는 소리를 같이 인식하게 된다. 그런데 녹음된 목소리는 외부에서 들려오는 소리 밖에 없기 때문에 자신이 말할 때 듣던 목소리와는 다르게 들린다.

## | 관련 지식 |

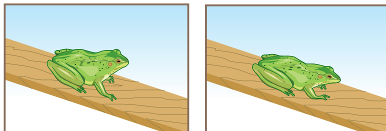
### ❀ 나이와 청력

청력은 태어나는 순간부터 퇴화하기 시작한다. 갓난아기는 16~30,000 Hz의 소리를 들을 수 있지만, 중년이 되면 15,000 Hz 이상의 소리를 듣지 못하고, 80세쯤 되면 4,000 Hz 이상의 소리는 듣지 못한다. 나이가 들면서 틴벨(teen bell)을 듣지 못하는 이유도 이 때문이다.

소리의 세기가 185 dB이면 고막을 터뜨릴 수 있고, 120 dB 이상의 시끄러운 음악 연주를 오래 들으면 귀가 치명적일 정도로 나빠진다. 또한 150 dB의 소음을 오랫동안 들으면 청각에 장애가 생길 수 있다. 논란이 있지만 200 dB의 소리는 사람에게 치명적이라는 의견도 있다. 일상적인 대화는 60 dB정도이다.

### ❀ 평형 감각 확인 실험

정상적인 개구리를 아래 그림과 같이 나무 판자에 얹고 한쪽으로 기울이면 개구리가 고개를 든다. 그러나 바늘로 찔러서 속귀를 파괴시킨 개구리는 판자가 기울어져도 고개를 들지 않는다. 이것은 전정 기관이 파괴되어 몸의 기울어짐을 감각하지 못하기 때문이다.



정상적인 개구리 | 속귀가 파괴된 개구리

❸ 평형 감각 실험

### ❀ 어지럼증

우리 몸에서 평형 감각을 담당하는 곳은 속귀의 전정계(반고리관, 전정 기관)와 눈으로 상징되는 시각 정보계, 소뇌이다. 이들 기관에 이상이 생기면 갑자기 오심이나 구토, 가슴 두근거림, 식은땀 등의 증상과 불안, 공포, 중심을 잡기 어려운 증상 등이 나타난다. 이러한 증상들을 어지럼증이라고 한다. 자동차나 배를 탔을 때 흔들림을 받아 어지럼을 느끼는 멀미는 몸의 평형 감각이 흐트러져서 나타나는 증상이다. 멀미는 평형 감각기에서 감각한 평형 정보와 눈에서 감각한 시각 정보가 일치하지 않기 때문에 나타난다.



비행기가 이륙할 때나 높은 산에 올라갔을 때 귀가 먹먹한 경우가 있다. 이때 침을 삼키면 이런 증상이 사라진다. 이러한 현상은 왜 생기는 것일까?

귀 안쪽에는 고막에서 시작되어 코의 인두와 목구멍으로 연결되어 있는 귀인두관이 있다. 귀인두관은 보통 때에는 닫혀 있으나 하품을 하거나 침을 삼킬 때에는 순간적으로 열린다. 이때 목구멍을 통해 귀인두관으로 공기가 들어가거나 빠져나오면서 고막 안쪽과 바깥쪽 압력의 차이가 조절된다. 따라서 귀인두관은 압력을 조절하여 고막이 손상되지 않도록 해 준다. 비행기 안에서 사탕을 나누어 주는 경우가 있는데, 이것은 사탕을 먹을 때 침을 삼켜 압력 차이를 조절하기 위한 것이다.




❸ 그림 Ⅱ-13 귀인두관의 위치

**평형 감각**

귀는 소리를 듣는 일 외에도 몸의 평형을 감지한다. 엘리베이터를 탔을 때 눈을 감고 있어도 엘리베이터가 어느 방향으로 움직이는지 알 수 있으며, 자동차 안에서 눈을 감고 있어도 자동차가 출발하거나 멈추는 것을 느낄 수 있다.

눈으로 보지 않고도 회전 방향이나 몸의 기울어진 정도를 느끼는 것을 **평형 감각**이라고 한다.

평형 감각은 반고리관과 전정 기관이 담당한다. 반고리관은 회전 자극을 받아들여 몸의 회전을 감지하고, 전정 기관은 중력 자극을 받아들여 몸의 기울어진 정도와 위치의 변화를 감지한다.

반고리관은 반원 모양의 고리 세 개로 이루어져 있으며, 안쪽에는 림프가 들어 있다. 몸이 회전하기 시작하거나 멈출 때 림프는 감각 세포를 자극한다. 이 자극이 감각 신경을 통해 소뇌로 전달되면 우리는 몸의 회전 방향을 알 수 있다. 반고리관 세 개는 서로 수직으로 연결되어 있어 회전하는 방향과 회전한 정도를 입체적으로 느낄 수 있다.



364




### ❀ 귀인두관

귀인두관은 고막 안쪽에서 인두로 통하는 관으로서, 16세기 이탈리아 출신의 의사인 유스타키오(Eustachio, B.)에 의해 처음 발견되어 유스타키오관이라고도 한다. 귀인두관은 길이가 3~4 cm이고 점막으로 덮여 있다. 귀인두관의 위쪽 끝은 좁고, 뼈로 둘러싸여 있으며 인두에 가까워질수록 넓어진다. 작은 섬모들이 점막을 덮고 있어 점액성 분비물이 인두로 배출되는 것을 돕는다.



❸ 유스타키오

귀인두관의 주요 기능은 고막 안쪽과 바깥쪽의 압력을 동일하게 유지시키는 것이다. 평상시에는 거의 닫혀 있지만 음식물을 삼키는 동안에는 열려 있어 의식적인 노력 없이도 고막 양쪽의 압력이 동일하게 유지된다. 잠수를 하거나 비행기가 급하강할 때는 귀인두관이 주위 압력의 빠른 상승에도 불구하고 계속 닫혀 있을 수 있다. 일반적으로 고막 양쪽의 압력은 코를 잡고 숨을 내쉬거나, 턱을 좌우로 흔들거나 침을 삼킴으로써 동일하게 유지시킬 수 있다.

반고리관 아래에 있는 전정 기관은 두 개의 주머니로 이루어져 있으며 안쪽에는 평형석이 있다. 몸이 기울어질 때 평형석은 감각 세포를 자극한다. 이 자극이 감각 신경을 통해 소뇌로 전달되는 과정을 통해 우리는 몸의 기울어진 정도를 알게 된다.

잠깐 체크 전정 기관이 받아들이는 자극원은 무엇인가?

**과학 자료실** 고래도 인간처럼 청각을 조절한다.

고래는 소리를 이용하여 서로 의사소통을 하며, 혹등고래 등 일부 종은 짝짓기를 위해 노래를 부르기도 한다. 이처럼 고래는 소리에 많은 부분을 의존하고 있다.

그런데 인간이 만들어 내는 시끄러운 바다 속 소음 때문에 많은 고래들이 귀머거리가 되고 있다. 선박 엔진이나 음파 탐지기, 탐사용 산업장비 등에서 발생하는 소음은 해양 생태계에 심각한 위협이 되고 있으며, 이런 소음 때문에 연간 25만 마리 이상의 고래가 청력을 잃고 있으며 그 숫자는 갈수록 늘고 있다.

고래를 바다 속 소음으로부터 보호할 수 있는 방법은 없을까?

사람이 큰 소리가 날 때 귀를 막는 것처럼 고래도 스스로 청력 감도를 낮춰 청각을 보호할 수 있다고 한다. 고래는 초음파를 발사하고 반사되는 음파를 들어서 주변의 물체를 알아내는데, 최근 연구에 의하면 고래는 돌아오는 음파가 지나치게 강할 경우 듣는 감도를 조절한다고 한다.

연구진은 '키나'로 이름 붙은 한 범고래에게 부드러운 음색의 사전 경고음을 반복해서 보낸 뒤 강한 소음을 들려주었다. 이런 훈련을 몇 번 반복하자 키나는 사전 경고음만 들어도 스스로 청력 감도를 낮추었다. 연구진은 '범고래가 음량을 조절하는 것 같다. 제트기가 지나갈 때 우리가 귀를 막는 것과 마찬가지이다' 라고 말했다.

연구진은 연구 결과를 토대로 고래에게 큰 소음의 위험을 알리는 사전 경보음을 개발할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

⊙ 혹등고래

⊙ 범고래

**자기 주도 학습**

개념 확인하기

❶ 이어폰을 끼고 큰 소리의 음악을 자주 들으면 귀의 어느 부분이 손상을 입게 되는가?

❷ 진공 상태에서는 소리를 들을 수 없다. 그 이유는 무엇인가?

과학과 생활 연관 짓기

전정 기관에 있는 평형석의 일부가 간혹 떨어져 나와 반고리관으로 들어가는 경우가 있다. 이런 경우 어떤 증상이 나타나는지 조사해 보자.

1. 감각 기관 365

### ❀ 반고리관

반고리관은 반원 모양의 세 개의 관이 서로 수직으로 연결되어 있기 때문에, 회전 운동을 삼차원으로 해석할 수 있다. 반고리관 안에는 림프가 들어 있으며, 림프의 자극이 소뇌로 전달되면 회전 감각을 느끼게 된다.

가만히 서 있다가 왼쪽 방향으로 회전한다고 가정해 보자. 몸은 왼쪽으로 회전하지만 반고리관 안의 림프는 관성에 의해 정지해 있으려고 한다. 이때 감각털이 굽어져 회전 감각을 느낀다. 그러나 왼쪽으로 계속 회전하면 관 안에 림프도 몸과 같은 방향으로 회전하므로 감각털이 기울어지지 않아 회전 감각이 떨어진다. 그 후 회전을 멈추면 관성에 의해 림프는 계속 왼쪽으로 회전하려고 하기 때문에 감각털이 기울어져 몸이 계속 회전하는 것처럼 느껴진다.

### ❀ 전정 기관

전정 기관은 달팽이관과 반고리관 사이에 있는 부분으로서, 타원 주머니와 둥근 주머니로 이루어져 있다. 전정 기관은 감각털 위에 평형석이라고 불리는 탄산 칼슘 결정체가 있으며, 우리 몸의 직선 운동을 감지하는 기능을 한다. 우리 몸이 기울어질 때 감각털 위의 평형석은 중력에 의해 몸이 기우는 방향으로 움직인다. 이 움직임이 감각털을 구부러지게 하여 감각 세포를 흥분시키기 때문에 몸의 기울어진 정도를 알 수 있게 된다.

**잠깐 체크**

중력_ 전정 기관은 중력의 자극을 받아들여 몸의 기울어진 정도와 위치 변화를 감지한다.

**자·기·주·도·학·습**

▶ 개념 확인하기

❶ 고막

❷ 진공 상태에서는 진동을 전달하는 매질이 없기 때문이다.

▶ 과학과 생활 연관 짓기

평형석이 반고리관 안의 특정 신경세포를 자극하여 현기증이나 구역감 등을 일으킨다. 심할 때는 균형 감각을 잃고 쓰러지거나 눈동자가 떨리며 눈앞이 핑 돌기도 한다. 귀의 전정 기관에 있는 평형석의 일부가 반고리관 안으로 흘러 들어간 경우를 이석증이라고 한다.

**참고 자료** 좋은 소음도 있다?

소음의 유형 중에는 비교적 넓은 음폭의 백색 소음이 있다. 백색 소음이란 백색광에서 유래된 것이다. 백색광을 프리즘에 통과시키면 7가지 무지개 빛깔로 나누어지듯이 다양한 음높이의 소리를 합치면 넓은 음폭의 백색 소음이 된다.

백색 소음은 우리 주변의 생활 환경에서 쉽게 느낄 수 있다. 비 오는 소리, 폭포수 소리, 파도치는 소리, 시냇물 소리, 나뭇가지가 바람에 스치는 소리 등이 모두 백색 소음이다. 이들 소리는 우리가 평상시에 듣는 일상적인 소리이다. 따라서 이러한 소리가 비록 소음으로 들릴지라도 심리적으로는 별로 의식하지 않으면서 듣게 된다. 또 항상 들어 왔던 자연의 소리이기 때문에 그 소리에 안정감을 느끼게 된다. 게다가 사람은 자연의 백색 소음을 통해 보호받음을 느끼고 청각적으로 적막감을 해소할 수 있다고 한다.

# 1-3 그 밖의 감각 기관

## 학습 내용 안내

(1) 후각과 미각의 자극원이 무엇인지 알고, 후각과 미각의 전달 경로를 이해한다.

(2) 후각이 미각에 어떤 영향을 미치는지 이해한다.

(3) 피부를 통해 느끼는 감각의 종류를 알고, 피부에서 자극을 받아들이는 부분에 대해 이해한다.

## 학습 전개

도입 글을 통해 음식의 냄새와 맛은 어떻게 느끼고, 피부를 통해 느낄 수 있는 감각에는 무엇이 있는지 생각해 보게 한다.



후각을 정의하고 코의 구조와 후각의 전달 경로를 정리해 준 다음, 후각의 특징을 설명하게 한다.



맛의 종류를 토의하게 한 다음 혀의 구조와 미각의 전달 경로를 정리하고, 맛과 냄새의 관계를 실험을 통해 알아본다.



피부 감각의 종류를 토의하여 정리하고, 몸의 부위에 따라 감각의 정도가 다른 이유를 설명하게 한다.

**찾아보기**

- 생생한 사진으로 보는 우리 몸 탐험(2007), 스티브 파커 저, 권병필 역, 와이즈아이북스
- 인간의 모든 감각(2009), 최현석 저, 서해문집
- WOW! – 눈으로 보는 세상의 모든 것(2008), DK 편집부 저, 이충호 역, 을파소(북이십일)

Ⅷ. 자극과 반응

# 1-3 그 밖의 감각 기관

**학습 목표**

- 후각을 느끼는 과정을 설명할 수 있다.
- 미각을 느끼는 과정을 설명할 수 있다.
- 피부에서 느끼는 감각을 설명할 수 있다.

즐거운 요리 실습 시간!

여기저기서 자신의 실력을 뽐내느라 교실 안이 시끌시끌하다.

고소한 음식 냄새가 교실 안에 퍼진다. "음~, 용우의 모둠은 튀김을 하고 있고, 혜리의 모둠은 찌개를 끓이고 있구나." 보지 않아도 다 알 수 있다. 도현이는 감기에 걸려 냄새를 맡을 수 없다고 한다. 왜 감기에 걸리면 냄새를 맡을 수 없을까?

철수는 옆 모둠의 음식 맛을 살짝 보았다. 소금을 많이 넣었는지 조금 짜다고 한다. 그런데 지혜는 같은 음식인데도 싱겁다고 한다. 철수가 조금 예민한 걸까?

갑자기 교실 안이 웅성거린다. 혜린이가 물을 끓이다가 냄비에 손을 데었나 보다. 혜린이는 손이 화끈거리고 아프다고 한다. 선생님께서는 찬물을 틀어 손을 식혀 주셨다.

불을 사용해서인지 교실이 조금 더운 듯하다. 철이는 더위를 식힐 겸 창문을 열었다. 밖에서 시원한 바람이 불어와 얼굴을 간지럽힌다.

냄새와 맛은 어떻게 느끼는 것일까? 또 피부를 통해 느끼는 감각에는 무엇이 있을까?



366 Ⅷ. 자극과 반응




### 코의 구조

코에서 비강은 콧구멍 안쪽에서부터 목젖 뒤 비인강까지의 공간을 말하며, 부비동은 비강 주위를 둘러싸고 있는 네 쌍의 공기주머니를 말한다. 비강의 위쪽 부분에는 점액으로 싸여 있는 후각 상피가 있다. 후각 상피에는 후각 신경과 연결된 많은 후각 세포가 있다. 사람의 후각 세포 표면에는 약 1,000가지의 냄새 수용체가 있으며, 이 수용체로 사람은 1만 가지 이상의 냄새를 구별할 수 있다.

### 후각의 성립

기체 상태의 화학 물질이 콧속으로 들어와 후각 상피를 덮고 있는 점액층에 녹게 되면, 화학 물질은 공기 중보다 약 1,000 배까지 농축된다. 고농도로 농축된 후각 물질이 후각 세포의 수용체를 자극하면 후각 세포 내에서 전기적 신호가 발생한다. 이 전기적 신호가 후각 신경을 통해 대뇌 겉질의 후각 중추에 전달되어 후각이 성립된다.

| 기체 상태의 화학 물질 → 후각 상피 → 후각 세포 → 후각 신경 → 대뇌 |
| --- |

## 후각

요리 실습 시간에 다른 모둠의 요리를 보지 않아도 어떤 요리를 하는지 알 수 있는 것은 냄새가 코를 자극하기 때문이다. 사람의 코는 기체 상태의 화학 물질을 자극으로 받아들여 냄새를 느낄 수 있는데, 이러한 감각을 **후각**이라고 한다.

코의 안쪽 윗부분에는 **후각 상피**가 있으며, 후각 상피는 냄새를 감지하는 **후각 세포**로 이루어져 있다. 후각 세포는 길쭉한 모양을 하고 있는데, 끝부분이 점액에 싸여 있다. 숨을 쉴 때 코로 들어온 기체 상태의 화학 물질은 점액에 녹는다. 이 화학 물질이 후각 세포를 자극하면 **후각 신경**을 통해 자극이 대뇌로 전달되어 냄새를 느끼게 된다.

감기에 걸려 콧물이 쌓이면 냄새를 잘 맡지 못한다. 그 이유는 콧속 천장 벽에 콧물이 덮여 있어 화학 물질이 후각 세포를 자극하기 어렵기 때문이다.

후각은 후각 세포 수가 많을수록 예민한데, 사람마다 개인차는 있지만 일반적으로 어른보다 아이들이 냄새에 더 예민하고, 남자보다 여자가 냄새에 더 예민한 편이다.



그림 Ⅱ-14 감기_ 코감기에 걸리면 후각 기능이 떨어진다.

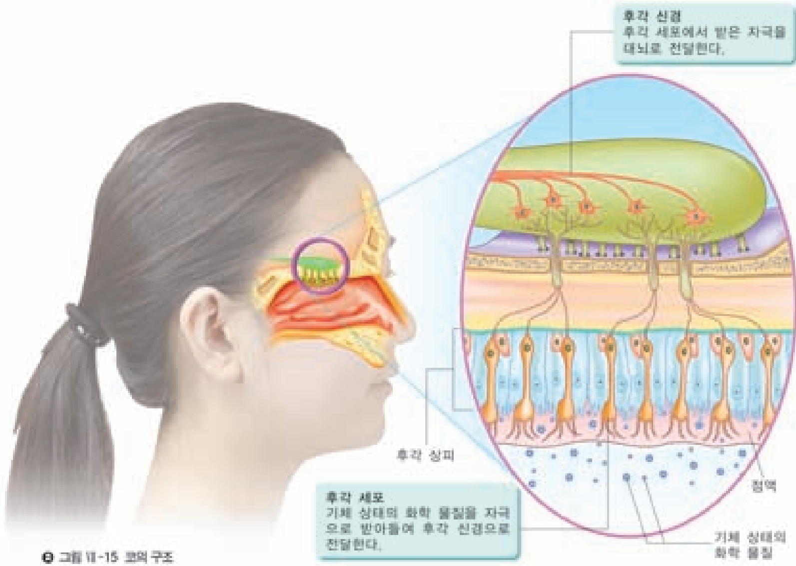


그림 Ⅱ-15 코의 구조

1. 감각 기관 367



### 울면 콧물이 나오는 이유

아래쪽 눈꺼풀을 살짝 뒤집어 보면 눈과 코를 연결하는 관(누비관)과 연결된 작은 구멍을 볼 수 있는데, 눈물이 많이 나와 눈에 가득 고이면 이 구멍으로 눈물이 들어가 코로 운반된다. 따라서 울 때 콧물이 나오는 것은 엄밀히 말하면 콧물이 흐르는 것이 아니라 눈물이 코로 흐르는 것이다.

### 후각이 쉽게 피로를 느껴 유리한 점

후각이 동일한 냄새 자극에 쉽게 피로를 느끼는 것은 새로운 냄새를 언제든지 맡을 수 있도록 예민함을 유지하기 위해서이다. 따라서 최초의 냄새에 얽매이지 않고 새로운 냄새에 쉽게 반응할 수 있기 때문에 위급한 상황이나 주위 환경의 변화에 효과적으로 대응할 수 있다.

### 후각 기능

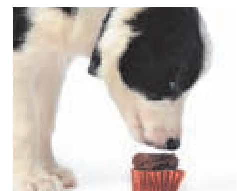
일반적으로 사람보다는 동물의 후각이 더 발달되었으며, 여자가 남자보다 후각이 더 예민하다. 이것은 여성 호르몬인 에스트로겐의 영향 때문인데, 에스트로겐이 콧속의 후각 세포에 직접적으로 영향을 주거나 후각을 담당하는 대뇌에 영향을 끼치기 때문으로 추정하고 있다. 또 나이가 들면서 후각 기능이 점점 감소하는 경향이 있다. 대체로 50대부터 냄새를 구분하는 능력이 감소되어 70대에는 크게 저하된다. 또한 후각은 기온이나 습도가 높으면 예민해지고, 냄새를 감별하는 직업을 가진 사람은 일반인보다 더 예민하다.

### 후각의 특징

후각은 매우 예민하여 적은 양의 물질에도 민감하게 반응한다. 그러나 자극이 강한 냄새가 지속적으로 가해질 경우에는 쉽게 피로를 느껴 그 물질에 반응하지 않는 순응 현상을 나타낸다. 냄새의 순응은 중추 신경계에서 일어나는 억제성 반응이다. 또한 후각은 '선택적 피로 현상'이라는 특성이 있어서 같은 냄새를 맡고 있으면 매초 2.5 %씩 민감성이 감소하여 1분 이내에 70 %가 줄어든다. 그러나 후각은 피로나 순응에 따른 회복 시간도 짧기 때문에 다른 냄새 자극이 오면 그 냄새를 바로 느낄 수 있다.

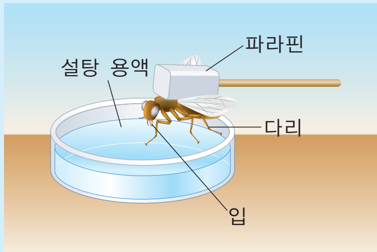
### 참고 자료 개의 후각

개에게 가장 발달된 기능 중 하나가 냄새를 맡는 기능이다. 사람의 후각 상피 넓이는 3~4 $cm^2$이고, 개의 후각 상피 넓이는 18~150 $cm^2$이다. 개의 콧잔등과 내부 구조는 공기를 따뜻하고 촉촉하게 만들어 냄새를 더욱 잘 맡을 수 있게 한다. 또 사람의 후각 세포의 수는 5백만 개 정도인데 개의 후각 세포는 2억 2천만 개 정도로 사람보다 약 44배가 많다. 개의 후각은 사람보다 약 1000~1억 배 정도 더 뛰어나다고 알려져 있으며, 초산(acetic acid)의 구분 능력은 사람의 한계치에 비해 무려 2억 5천 배 이상이라고 한다. 개의 후각으로 폐암뿐만 아니라 유방암, 당뇨병 등을 발견할 수 있다는 연구 결과도 있다.


후각이 발달된 개

## 잠깐 체크

미각_ 파리는 앞다리 끝 감각털에 있는 맛세포를 통해 맛을 느낀다.




파리의 미각 실험

파리의 다리가 설탕 용액에 닿으면 입이 나온다. 그러나 파리의 다리가 물에 닿으면 입이 나오지 않는다. 이 사실로 파리의 미각기는 다리에 있다는 것을 알 수 있다. 파리 외에 다리에 미각기가 있는 곤충으로는 나비와 꿀벌 등이 있는데, 이들은 흉각(절지동물의 가슴 마디에 달린 다리)의 가장 끝부분에 미각기가 있다.



파리의 다리에 있는 감각털

## 참고 자료 혀에서 느끼는 다른 맛

(1) **매운맛** 캡사이신 같은 물질이 미각 신경을 자극함으로써 생기는 통각으로 알알한 맛이다.

(2) **떫은맛** 혀 표면에 있는 점성 단백질이 일시적으로 변성 · 응고되어 미각 신경이 마비됨으로써 일어나는 불쾌한 느낌이다.

(3) **찬맛** 박하사탕 같은 것을 먹을 때 느끼는 시원한 맛을 말하며, 당알코올 등이 침에 녹을 때 용해열을 흡수하기 때문에 혀의 점막이 일시적으로 마비되는 느낌이다.

(4) **아린 맛** 혀를 자극하는 쓴맛과 떫은맛, 매운맛이 혼합되어 목구멍을 자극하는 독특하고 복합적인 맛이다.



사람의 후각은 1만 가지 이상의 냄새를 구분할 정도로 예민하다. 하지만 같은 자극이 반복되는 경우 쉽게 피로를 느낀다. 향수를 뿌린 사람을 만났을 때, 향수 냄새가 처음에는 매우 강하게 느껴지지만 시간이 지나면 잘 느끼지 못한다. 이것은 후각 세포가 피로를 느끼기 때문이다. 그러나 다른 종류의 향수를 뿌리거나 새로운 냄새가 나면 그 자극에 대해서는 금방 알아차리고 반응한다.

그림 Ⅵ-16 탐지견_ 개는 사람보다 후각 상피 조직이 넓고, 후각 세포가 많아 냄새를 더 잘 맡는다.

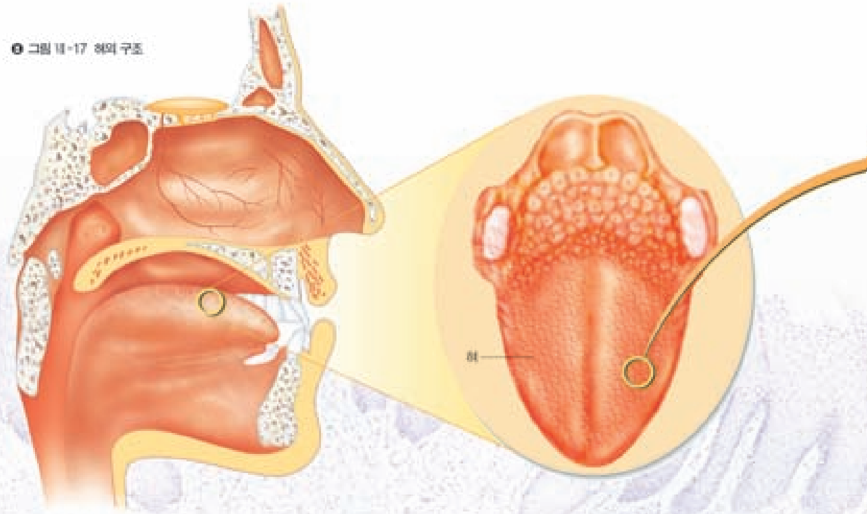
### 미각

새콤달콤한 맛, 담백지근한 맛, 달콤쌉쌀한 맛처럼 음식의 맛은 복잡 미묘하다. 맛을 느낄 수 있는 것은 음식물에 있는 물질이 혀를 자극하기 때문이다. 혀는 액체 상태의 화학 물질을 자극으로 받아들여 맛을 느끼는데, 이것을 **미각**이라고 한다. 사람은 수백 가지의 복합적인 맛을 구별할 수 있다. 그러나 혀가 느끼는 기본 맛은 단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 감칠맛의 다섯 가지이다.

**감칠맛** 음식이 입에 당기는 맛으로서, 고기나 버섯, 다시마 등에 들어 있는 글루탐산 등에 의한 독특한 맛이다.

파리는 다리에 나 있는 감각털을 통해 설탕물의 맛을 느낄 수 있다고 한다. 파리가 감각털을 통해 느끼는 감각은 무엇인가?

그림 Ⅵ-17 혀의 구조




368 Ⅵ. 자극과 반응




## 과학 돋보기

### 맛의 종류

사람의 혀에서 느끼는 기본 맛은 단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 감칠맛이다.

(1) **단맛** 물에 잘 녹는 당류와 그 유도체 및 글리세롤, 아세트산 납 등에 의한 맛으로서, 쾌감을 주어 에너지가 풍부한 당분을 많이 섭취하도록 만든다.

(2) **짠맛** 물에 녹은 염류의 자극에 의한 맛이다. 즉, 해리된 음이온인 $Cl^-$, $Br^-$, $SO_4^{2-}$ 등과 $K^+$, $Ca^{2+}$, $Na^+$ 등이 짠맛에 관여한다.

(3) **신맛** 주로 수소 이온의 자극에 의해 나타나는 맛이다. 신맛의 양이 너무 많을 때는 불쾌감을 주는데, 이는 상한 음식을 섭취하지 않도록 하기 위한 것이다.

(4) **쓴맛** 쓴맛을 내는 대표적인 성분으로는 마그네슘, 칼슘 등의 무기 염류와 알칼로이드, 배당체 등의 유기 물질이 있다. 쓴맛은 대부분의 사람에게 불쾌한 느낌을 주는데, 이는 독극물을 섭취하지 못하도록 하기 위한 것이다.

(5) **감칠맛** 감칠맛은 식욕을 당기는 맛으로, 단백질이 풍부한 음식을 섭취하도록 돕는다. 합성 조미료인 MSG는 강한 감칠맛이 난다.

혀의 표면에는 좁쌀처럼 오돌토돌한 작은 돌기인 유두가 많이 있다. 유두의 옆구리에는 꽃봉오리 모양을 한 여러 개의 **맛봉오리**가 있는데, 맛봉오리는 여러 종류의 **맛세포**로 이루어져 있다. 음식을 먹을 때 침에 녹은 화학 물질이 맛봉오리를 자극하면 맛세포가 흥분하고, 이 흥분이 **미각 신경**을 통해 대뇌로 전달되면 맛을 느끼게 된다.

맛봉오리에는 다섯 가지의 맛을 받아들이는 맛세포가 모두 있기 때문에 혀의 모든 부분에서 모든 맛을 느낄 수 있다. 그러나 혀의 부위에 따라 맛세포의 분포가 다르기 때문에 맛을 느끼는 정도는 조금씩 다르다.

어릴 때에는 맛봉오리가 1만 개 정도 있지만, 나이가 들수록 점점 줄어든다. 여자는 남자보다 맛봉오리의 개수가 많아 맛을 더 예민하게 느낀다. 이처럼 사람마다 맛봉오리의 개수가 다르기 때문에 맛을 느끼는 정도도 서로 다르다. 같은 음식을 먹을 때 어떤 사람은 짜다고 느끼고 어떤 사람은 싱겁다고 느끼는 것도 이런 이유 때문이다.

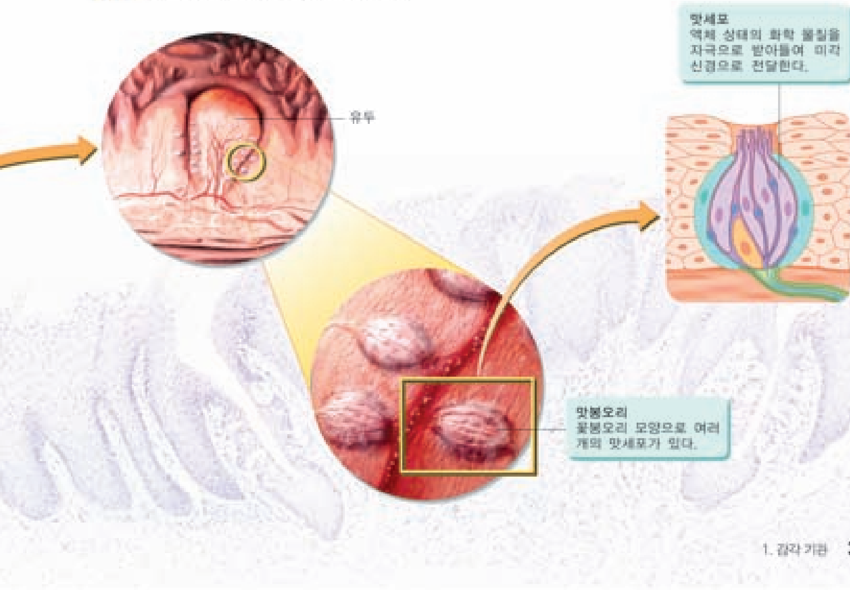
그렇다면 우리가 느끼는 여러 가지 음식의 맛이 미각만으로 결정되는 것인지 아니면 다른 요소의 영향을 받는지 알아보자.

더 매운맛과 떫은맛



매운맛과 떫은맛은 맛이 아니다. 매운맛은 혀가 느끼는 통각이고, 떫은맛은 일시적으로 혀가 당겨지면서 느끼는 압각이다.

생각 체크 혀에서 맛을 감지하는 부분은 어디인가?




1. 감각 기관 369

잠깐 체크

맛세포_ 혀에는 맛세포로 이루어진 맛봉오리가 있어 맛을 감지한다.

## 관련 지식

### ❀ 성별과 나이에 따라 선호되는 맛

여성은 남성보다 쓴맛에 더 민감하다. 특히 사춘기에 접어들면서 쓴맛을 더 잘 느끼며 임신 중에 민감도가 가장 높다. 반면, 남성은 단맛에 민감하다. 또한 어릴 때는 단맛을 좋아하고 쓴맛을 싫어하지만, 나이를 먹을수록 쓰고 떫은맛을 즐기게 된다고 한다. 쓰고 떫은 물질에는 독성이 있을 수도 있지만, 반대로 항암성 물질이 들어 있을 수도 있기 때문이다. 즉, 노인이 되면 항암 물질이 든 것을 선호하게 된다.

### ❀ 혀의 맛지도

흔히 '단맛은 혀 앞쪽에서 느끼고, 신맛은 혀 양 옆에서 느낀다.' 라는 식으로 혀의 부위에 따라 다른 맛을 느끼는 것으로 알고 있는데, 이는 잘못된 상식이다. 모든 맛은 혀의 모든 부위에서 느낄 수 있다.

### ❀ 맛봉오리

혀의 표면에는 좁쌀 모양의 오돌토돌한 유두가 있으며, 유두의 양 옆구리 아래쪽에는 꽃봉오리 모양의 맛봉오리가 약 9,000~10,000개 있다. 맛봉오리는 지름이 50~70 $\mu$m의 타원형 조직으로서, 맛을 느끼는 맛세포와 이를 지지하는 지지 세포로 이루어져 있다. 맛봉오리는 주로 혀의 유각 유두, 엽상 유두, 이상 유두에 있으며, 혀 외에도 연구개와 뺨의 안쪽 벽, 인두, 후두개에도 분포되어 있다. 하나의 맛봉오리에는 수십 개의 맛세포가 있다.

### ❀ 미각의 성립

액체 상태의 화학 물질이 혀에 닿으면 맛봉오리에 있는 맛세포가 이 자극을 감지한다. 맛세포에 존재하는 각각의 수용체에서 받아들인 정보는 미각 신경을 통하여 대뇌로 전달된다. 대뇌의 미각 영역에서 맛의 질이나 강도를 인식한 다음, 전두엽의 연합 영역에서 다른 감각(온각, 통각, 촉각, 압각 등)의 정보를 종합하여 어떤 음식인지 판단한다. 또한 미각 정보는 과거의 기억 속 정보도 함께 비교하며 맛을 판단한다.

| 액체 상태의 화학 물질 → 맛봉오리 → 맛세포 → 미각 신경 → 대뇌 |
|---|

### 참고 자료 고양이는 단맛을 몰라!

단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 감칠맛 중 한 가지 맛이라도 느낄 수 없게 된다면 어떨까? 특히 우리를 즐겁게 만드는 단맛을 느낄 수 없다면 어떨까?

고양이는 단맛을 전혀 느낄 수 없는 대표적인 동물이다. 지난 2005년 미국의 한 감각 센터에서 고양이와 호랑이, 치타의 침과 혈액을 분석한 결과, 이들의 혀에는 단맛을 뇌로 전달하는 미각 수용체가 없다는 사실을 알아냈다. 그 이유는 혀가 맛을 느끼는 이유가 생존을 위해서라는 사실과 관련이 있다. 고양이는 육식을 하기 때문에 단맛을 느낄 필요가 없다. 단맛이 나지 않는 고기를 주로 먹는 고양이나 호랑이, 치타에게 단맛은 필요 없는 감각인 것이다.

## 탐구 활동 실험

### 탐구 목표

후각이 미각에 어떤 영향을 미치는지 설명할 수 있다.

### 원리 설명

1 미각과 후각을 화학 감각이라고 한다. 체내에는 화학 물질의 농도 변화를 감지하는 많은 감각 세포가 있다.
2 미각 세포와 후각 세포는 감각하는 화학 물질의 종류가 다르고 자극을 받아들이는 정도도 다르다.

### 유의점

1 코를 잘 잡아 냄새를 맡지 않도록 한다.
2 음료나 과일 및 채소의 순서를 다르게 하여 맛을 미리 예상하지 못하게 한다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 감기에 걸렸을 때 입맛이 없었던 경험을 통해 후각이 미각에 어떠한 영향을 미치는지 생각해 보게 한다.
2 준비물 이외에 다양한 음료나 과일, 채소를 모둠별로 준비하여 맛을 구분해 본다.
3 실험 해석에 대한 토의 과정에서 창의 · 인성이 배양되도록 지도한다.

### 결과

1 각각의 음료, 과일, 채소의 맛을 서로 구분할 수 있다.
2 오렌지 주스, 사과 주스, 포도 주스의 맛이 비슷하게 느껴진다. 또 사과와 양파, 파프리카와 무의 맛도 비슷하게 느껴진다.

### 해석 | 창의 · 인성

맛은 혀로 느끼는 미각 외에도 후각, 시각, 촉각 등이 조합되어 느껴지는 복합적인 것이다. 혀로 느끼는 것은 짠맛, 신맛, 단맛, 쓴맛, 감칠맛이고, 음식이 가지고 있는 향은 코로 느끼는 것이다. 촉각은 식감에 관여하며, 시각은 음식을 먹기 전에 맛이 어떠할 것이라는 생각을 뇌로 전달한다.

탐구 활동 냄새와 맛의 관계 실험

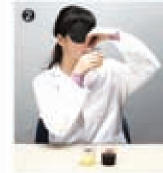
목표
후각이 미각에 어떤 영향을 미치는지 설명할 수 있다.

준비물
오렌지 주스, 사과 주스, 포도 주스, 사과, 양파, 파프리카, 무, 물, 칼, 컵, 안대, 이쑤시개

유의점
1. 음료나 과일, 채소를 먹고 나서 물로 충분히 입 안을 헹군다.
2. 코를 단단히 잡아 냄새를 맡지 않도록 한다.
3. 음료나 과일, 채소의 순서를 다르게 하여 미리 맛을 예상하지 못하도록 한다.

과정
❶ 안대로 눈을 가린 상태에서 오렌지 주스, 사과 주스, 포도 주스의 맛을 구분해 본다.
❷ 안대로 눈을 가리고, 한 손으로 코를 잡은 상태에서 오렌지 주스, 사과 주스, 포도 주스의 맛을 구분해 본다.
❸ 사과, 양파, 파프리카, 무를 같은 크기로 얇게 자른 후 과정 ❶, ❷와 같은 방법으로 사과, 양파, 파프리카, 무의 맛을 구분해 본다.

❶


❷





결과
1 안대를 하고 코를 막지 않은 상태에서 음료와 과일, 채소의 맛을 구분할 수 있는가?
2 안대를 하고 코를 막으면 음료와 과일, 채소의 맛을 구분할 수 있는가?

해석 창의 · 인성
실험 결과를 통해 우리가 느끼는 맛은 어떤 감각들이 합쳐진 것인지 토의해 보자.

맛은 혀로만 느낀다고 생각하기 쉽다. 하지만 맛은 혀로 느끼는 미각 외에도 코에서 감지하는 후각, 혀에서 감지하는 촉각, 눈에서 감지하는 시각 등이 조합되어 느끼는 복합적인 감각이다. 특히 음식의 맛은 후각의 영향을 많이 받는다. 감기에 걸렸을 때 맛을 잘 느끼지 못하는 이유도 냄새를 잘 맡지 못하기 때문이다. 따라서 후각에 이상이 있으면 미각도 함께 떨어져 맛을 잘 느낄 수 없게 된다.

370 Ⅶ. 자극과 반응

### 평가 기준표

| | 평가 문항 | 점수(✓) 상 | 중 | 하 |
|---|---|---|---|---|
| 과정 | 1. 실험 과정을 이해하고 순서대로 실험을 진행하고 있는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 2. 과일과 채소를 구분할 수 없을 정도로 동일한 크기로 잘랐는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 3. 맛을 보고 난 후에는 물로 입 안을 충분히 헹구고 있는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| 결과 및 해석 | 1. 실험 각 과정에서 느낀 맛을 정확히 기록했는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 2. 후각이 미각에 어떤 영향을 미치고 있는지 알고 있는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 3. 평소 느끼는 복합적인 맛을 구성하는 요인들을 제대로 기술했는가? | ☐ | ☐ | ☐ |

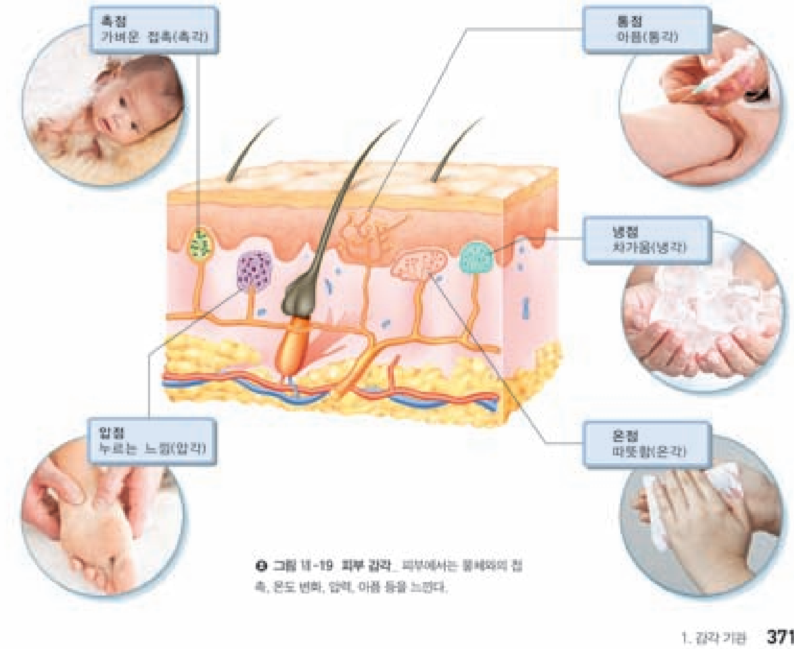
### 피부 감각

털이 많은 인형을 안아 보면 포근한 느낌이 들고, 바늘에 찔리면 매우 아프다. 또 얼음을 만지면 차가운 느낌이 들고, 손난로를 쥐면 따뜻함이 느껴진다. 이처럼 피부에 어떤 물체가 닿으면 부드러움, 아픔, 차가움, 따뜻함과 같은 자극을 느낄 수 있다. 피부가 압력과 같은 물리적인 힘이나 온도 변화를 자극으로 받아들이는 감각을 **피부 감각**이라고 한다.

❶ 그림 11-18 점자_ 손 끝에 있는 감각점을 통해 점자를 읽을 수 있다.

피부에는 자극을 감지하는 **감각점**이 있다. 감각점에는 온도의 상승을 받아들이는 온점, 온도의 하강을 받아들이는 냉점, 가벼운 접촉을 받아들이는 촉점, 아픔을 받아들이는 통점, 누르는 압력을 받아들이는 압점이 있다. 감각점에서 받아들인 자극이 감각 신경을 통해 대뇌에 전달되면 피부 감각을 느끼게 된다.

정면 돌파: 정수리에 휴대 전화를 올려놓고 진동시켜도 진동을 느끼지 못한다. 그 이유는 무엇인가?



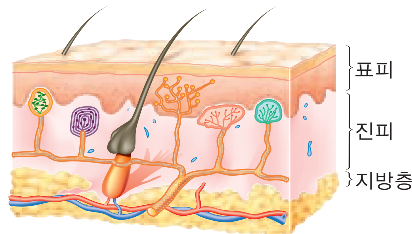

❶ 그림 11-19 피부 감각_ 피부에서는 물체와의 접촉, 온도 변화, 압력, 아픔 등을 느낀다.



## 과학 돋보기

### ❀ 피부의 구조

피부는 표피와 진피로 이루어진다. 표피는 죽은 세포로 되어 있으며, 수분의 증발을 방지하고 내부 조직을 보호한다. 표면에는 땀구멍이 있어 땀을 배설한다. 진피는 표피 아래쪽에 있으며, 살아 있는 세포로 이루어져 있다. 감각점, 신경, 모세 혈관, 땀샘 등이 분포되어 있다.




❶ 피부의 구조

### ❀ 감각점

피부 감각은 냉각, 온각, 압각, 촉각, 통각을 느끼는 감각 소체가 있는 윗부분의 피부에서만 잘 느껴진다. 이러한 부위를 감각점이라고 한다. 감각점은 각 감각에 따라 냉점, 온점, 압점, 촉점, 통점 등으로 나뉘어진다. 바늘로 찔렀을 때 매우 아픈 부위와 덜 아픈 부위가 있는 것과 추위를 더 느끼고 덜 느끼는 부위가 있는 것은 감각점의 분포가 다르기 때문이다.

### 이런 실험도 가능해요! 단맛의 역치

(1) 1 : 10, 1 : 25, 1 : 50, 1 : 100, 1 : 250, 1 : 500으로 희석한 설탕 용액을 준비한다.

(2) 약 2 mL의 설탕 용액(1 : 500 희석액)으로 혀를 적신다.

(3) 입 속을 물로 씻어 내고 순차적으로 고농도의 설탕 용액으로 반복 실험을 하여 단맛을 처음으로 느끼는 최소 자극을 구한다.

결론_ 단맛을 느끼는 최소 자극은 사람마다 다르다.

### 잠깐 체크

진동은 근육에 의해 느끼는데, 머리에는 근육이 적게 분포하여 진동을 느낄 수 없다.

### | 관련 지식 |

### ❀ 감각점이 발달한 손

손은 우리 몸에서 감각점이 가장 발달한 부분이다. 감각점은 손가락 끝에 집중적으로 분포하는데, 이 때문에 우리는 손끝으로 미묘한 차이를 감지할 수 있다.

### ❀ 섬세한 작업을 가능하게 하는 지문

손에 있는 지문은 섬세한 작업을 가능하게 하는 손의 마지막 장치이다. 지문이 있기 때문에 손은 적당한 마찰력을 갖게 되고, 물건을 집거나 도구의 사용을 더욱 안정적으로 할 수 있다. 또한 지문으로 손의 표면적이 훨씬 늘어나게 되는데, 이 때문에 감각점의 수가 많아 더 섬세한 작업을 할 수 있다.

### ❀ 내장 감각

내장에서는 촉각 및 온도 감각 등을 느낄 수 없고, 운동 감각도 느낄 수 없다. 또 심장의 수축이나 위나 장의 운동도 느끼지 못한다. 그러나 피부와 같이 조밀하지는 않지만 통각과 압각 등이 있어 통증을 느끼거나 복부 내장이 부풀어 올랐을 때 이를 느낄 수 있다.



미·니·탐·구 창의 · 인성

1 두 개로 느껴진다.

2 연필을 잡아당긴 입술의 가운데에 갖다 대면 잡아당긴 입술의 반대 방향에 위치한 입술 피부에 연필이 닿게 된다. 이때 뇌는 입술이 벌어진 것을 정확히 인식하지 못한 상태이므로 두 개의 연필이 닿은 것으로 착각하게 된다. 이러한 인지 오류 현상은 손을 교차하거나 입술을 비트는 것과 같이 평소에 자주 하지 않는 행동을 했을 경우에 뇌가 제대로 인식하지 못하여 발생하는 것이다.

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

❶ 미각의 자극원은 액체 상태의 화학 물질이고, 후각의 자극원은 기체 상태의 화학 물질이다.

❷ 통증은 몸에 상처나 이상이 있음을 알리는 기능을 한다. 통점이 많기 때문에 상처를 입을 수 있는 위험한 행동을 피하게 되고, 몸이 약해졌거나 문제가 생긴 부위가 있으면 치료될 때까지 사용하지 않도록 하여 몸을 보호할 수 있다.

▶ 과학과 직업 연관 짓기

뛰어난 후각과 미각이 필요한 직업에는 요리사, 제빵사, 조향사(각종 향기와 냄새를 혼합하여 새롭고 독특한 향기를 만들어 내는 직업), 소믈리에(와인을 감별하거나 관리하고 추천해 주는 직업), 바리스타(커피를 만드는 전문가), 향기 감별사, 향기 치료사 등이 있다.



❷ 디캔터에 와인을 붓는 소믈리에



❸ 그림 Ⅵ-20 피부 감각의 측정

한 손은 10℃ 물에, 다른 한 손은 30℃ 물에 담그고 있다가 두 손을 동시에 20℃의 물에 담그면 어떻게 될까? 같은 온도이지만 한 손은 따뜻함을 느끼고 다른 한 손은 차가움을 느낀다. 이처럼 냉점과 온점은 온도 변화를 자극으로 받아들인다. 추운 겨울철에 냉동고에서 일하던 사람이 밖으로 나오면 따뜻함을 느끼는 것도 같은 이유 때문이다.

두 개의 연필을 겹쳐 잡은 다음 손등이나 팔뚝과 같이 피부의 여러 부위에 대 보면 어떤 곳은 두 점으로 느껴지지만 어떤 곳은 한 점으로 느껴진다. 이처럼 감각의 정도가 다른 이유는 몸의 부위에 따라 각 감각점들이 분포하는 정도가 서로 다르기 때문이다. 일반적으로 통점이 가장 많이 분포하며, 온점이 가장 적게 분포한다.



매우 추운 곳에 오래 있으면 살을 에는 듯한 고통이 느껴지기도 한다. 이처럼 자극의 정도가 강해지면 모든 자극은 통각으로 느껴진다.

감각점이 많을수록 피부 감각은 더 예민하다. 손가락 끝 1 $cm^2$에는 60여 개의 통점이 있는 반면에 손등에는 100여 개의 통점이 있다. 따라서 바늘에 손가락 끝을 찔렀을 때보다 손등을 찔렀을 때 아픔을 더 크게 느낀다. 손가락 끝은 손등보다 촉점이 더 많기 때문에 물체를 더 잘 구별할 수 있다.

미·니·탐·구 유령 연필 창의 · 인성



준비물 연필 한 자루

과정 ❶ 한 명은 눈을 감고 입을 다문 채로 윗입술과 아랫입술을 반대 방향으로 잡아당긴다.
❷ 다른 한 명은 연필 하나를 상대방의 양 입술 사이에 갖다 대어 본다.

물음 1 연필이 몇 개로 느껴지는가?
2 연필의 수가 다르게 느껴지는 이유를 조사해 보자.

자기 주도 학습

개념 확인하기

❶ 미각과 후각의 자극원은 각각 무엇인가?

❷ 감각점 중에서 통점은 우리 몸에 가장 많이 분포한다. 통점이 많아서 유리한 점은 무엇인가?

과학과 직업 연관 짓기

커피 감별사는 커피 농장에서 생산된 생두의 맛과 향의 특성을 감별하여 등급을 정하는 직업이다. 커피 감별사와 같이 뛰어난 후각과 미각이 필요한 직업에는 어떤 것이 있는지 조사해 보자.



372 Ⅵ. 자극과 반응



## 과학 돋보기

### ❀ 온점과 냉점에서 느끼는 감각

온점과 냉점은 상대적인 온도 변화를 감지한다. 즉, 온점은 처음보다 온도가 높아지는 쪽으로의 자극을 감지하고, 냉점은 처음보다 온도가 낮아지는 쪽으로의 자극을 감지한다. 예를 들어 20℃의 물에 손을 담갔다가 30℃의 물에 손을 담그면 온점에 의해 따뜻해졌다고 느끼고, 10℃의 물에 손을 담그면 냉점에 의해 차가워졌다고 느끼는 것이다. 그러나 온도가 지나치게 높거나 낮아지면 통점이 자극을 받아 아픔으로 느낀다.

### ❀ 촉각의 민감도 측정

피부의 특정 감각은 특정 지점에 편재되어 있다. 버니어 캘리퍼스의 간격을 줄여가면서 우리 몸의 다양한 부위에 동일한 세기로 접촉시키면 접촉한 두 개의 점을 한 점 혹은 두 점으로 느끼게 된다. 이때 한 개로 느끼기 시작하는 간격은 실험하는 부위와 사람에 따라 다르게 나타난다. 이처럼 두 점을 한 점으로 느끼기 시작하는 최대 거리를 감지 거리 인식 한계치라고 한다.



❸ 버니어 캘리퍼스를 이용한 촉각의 민감도 측정

보충·심화

# 두 눈은 지금 경쟁 중

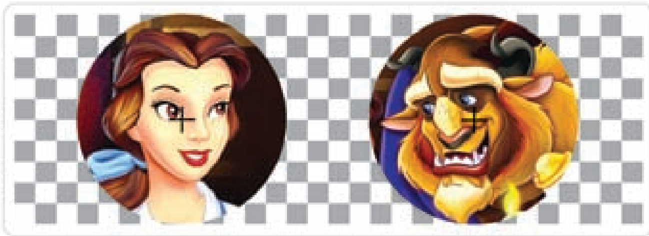
'백 번 듣는 것보다 한 번 보는 것이 낫다.'라는 말이 있다. 주변 사물을 관찰할 때 눈이 우리 신체에서 가장 믿을 만한 감각 기관이라는 뜻이다. 그만큼 사람은 시각에 많이 의존하며, 실제 뇌 전체의 절반 가까운 부분이 시각 정보 처리에 관여한다. 그러나 가만히 관찰해 보면 우리의 시각은 그다지 안정적이지 않다.

우리가 사물을 볼 때 뇌는 두 눈으로 들어온 정보를 통합적으로 인식한다고 생각하기 쉽다. 대부분의 경우에는 뇌가 두 눈에서 들어오는 정보를 잘 조화시킨다. 그 결과 양쪽 눈에 맺힌 영상들의 미세한 차이를 구분하여 사물을 입체적으로 바라볼 수 있다.

간단한 실험을 해 보자.

종이로 원통을 만들어 오른쪽 눈에 대고, 왼손은 손바닥이 보이게 종이 옆에 댄다. 그 상태로 두 눈을 뜨고 앞을 보면 손바닥이 뚫려 있는 것처럼 보인다. 하지만 뇌는 때때로 왼쪽 눈과 오른쪽 눈 가운데 어느 한쪽에서 들어온 정보만을 순간순간 선택하기도 한다.


❶ 두 가지 영상 겹쳐 보기



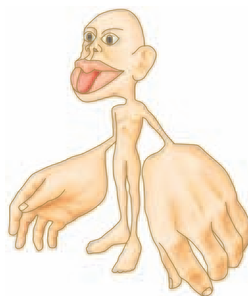
그림의 왼쪽에는 미녀, 오른쪽에는 야수가 그려져 있다. 시선의 초점을 미녀와 야수의 중간에 놓고 그림과 눈 사이의 적당한 곳으로 시선의 초점을 이동시켜 보자. 이를 위해서 그림 가운데에 손가락을 두었다가 손가락을 천천히 눈 쪽으로 이동시킨다. 손가락 끝을 응시하면서 그림을 보면 어느 순간 미녀와 야수의 그림 중간에 두 가지 그림이 겹친 모습이 나타난다.

흥미롭게도 이 겹친 모습은 고정되어 있지 않다. 한동안 미녀가 보이다 어느새 미녀는 야수로 둔갑하고, 시간이 흐르면 다시 야수가 미녀로 변신한다. 이것이 바로 '두 눈의 경쟁' 현상이다. 미녀와 야수처럼 매우 다른 그림을 양쪽 눈으로 보면 두 눈은 우리의 의식을 서로 차지하려고 경쟁을 벌인다. 이때 뇌는 순간적으로 혼란에 빠진다. 특히 두 눈으로 들어온 정보가 전혀 다른 종류일 때 뇌의 혼란은 심해지고, 결국 어느 한쪽만을 선택적으로 인식한다. 또한 그 선택을 끊임없이 바꾼다.

1. 감각 기관 373

## ❀ 호문쿨루스

호문쿨루스는 라틴어로 '작은 인간'이라는 뜻으로서, 1950년대 캐나다의 펜 필드라는 신경외과 의사가 그린 그림이다. 호문쿨루스를 보면 손이나 입술, 혀에 감각점이 특히 많이 있고, 몸에는 감각점이 상대적으로 적다. 감각점이 많으면 그만큼 예민하게 반응할 수 있다. 시각 장애인의 손끝이나 신생아의 입술이 예민한 것도 다른 부위보다 감각점이 많이 분포하기 때문이다.


❸ 호문쿨루스

## ❀ 양안 경쟁

두 눈으로 완전히 다른 이미지가 들어올 때 왼쪽 눈의 이미지와 오른쪽 눈의 이미지가 교대로 보이는 현상이다. 뇌는 서로 충돌하는 자극들을 동시에 인식할 수 없기 때문에 두 그림을 서로 번갈아 가면서 보게 된다. 예를 들어 왼쪽 눈에는 45°의 격자를 제시하고, 오른쪽 눈에는 135°의 격자를 제시하면 두 자극이 겹쳐진 패턴을 지각하는 것이 아니라 45°의 격자와 135°의 격자가 시간이 지남에 따라 번갈아 가면서 보인다.

보충·심화

**효과적인 운영을 위한 Tip**

1. 두 눈으로 전혀 다른 정보가 들어올 때 뇌는 사물을 어떻게 인식하는지 토론하게 한다.
2. 교과서에 있는 두 가지의 활동을 학생들이 직접 해 보도록 하여 학습에 대한 흥미를 높인다.

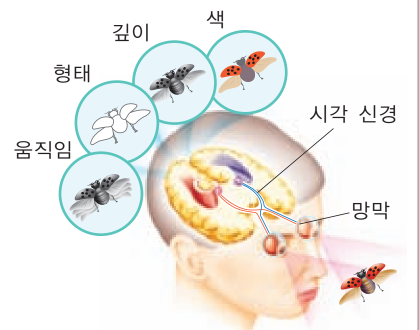
## ❀ 입체시

망막은 카메라의 필름과 같은 원리로 작동하기 때문에 3차원의 세계를 2차원의 평면으로 투영한다. 그러나 눈은 두 개이기 때문에 사물을 입체적으로 볼 수 있다. 각각의 눈은 같은 광경을 볼 때 얼굴에서 눈의 위치 차이로 인해서 조금 다른 각도로 광경을 보게 된다. 약간의 불일치가 존재하는 광경은 우리의 뇌 안에서 알고리즘으로 처리되어 입체적인 모양이 만들어진다.

## ❀ 눈과 대뇌

사물은 눈으로 보는 것이 아니라 대뇌로 본다. 눈에서 수집되어 시각 신경을 통과한 빛의 정보들이 대뇌에서 합성되어 이미지를 만들어 낸다.

우리가 알고 있는 사실이나 실체는 뇌에서 정교하게 시뮬레이션이 된 이미지일 뿐이다. 즉, 눈은 이미지를 그대로 받아들일 뿐이며, 실제로 이미지를 느끼고 해석하는 곳은 대뇌이다.



❹ 대뇌의 이미지 해석

# 2-1 신경계의 구성

## | 학습 내용 안내 |

(1) 신경계는 뉴런으로 이루어져 있으며, 하는 일에 따라 감각 뉴런, 운동 뉴런, 연합 뉴런으로 구분됨을 안다.

(2) 중추 신경계와 말초 신경계의 하는 일과 차이점을 이해한다.

## | 학습 전개 |

도입 글을 통해 신경세포가 사라지면 어떤 일이 일어나는지 생각하게 한다.

↓

그림을 통해 뉴런의 구조를 익히고, 뉴런의 역할과 자극의 전달 방향을 토의하게 한다.

↓

신경계의 구성과 하는 일을 정리해 준다.

↓

중추 신경계와 말초 신경계의 차이점을 토의해서 발표하게 한다.



# 2-1 신경계의 구성

학습 목표

- 뉴런의 생김새와 뉴런이 하는 일을 설명할 수 있다.
- 신경계의 종류와 신경계가 하는 일을 설명할 수 있다.



그림 Ⅶ-21 스티븐 호킹_ 루게릭병과 싸우며 우주 탄생의 비밀을 연구하고 있다.

어느 날 갑자기 팔과 다리에 힘이 없어진다. 길을 가다가 푹 쓰러지거나, 손에 힘이 풀려 가벼운 물건조차 들지 못한다. 시간이 지날수록 서서히 운동 기능을 잃게 된다. 결국 씹거나 삼키지도 못하고, 말도 할 수 없게 된다. 이것이 바로 루게릭병이다.

루게릭병은 의식과 감각은 멀쩡하지만 운동 신경세포가 사라지면서 자신의 의지대로 몸을 움직이지 못하는 질병이다.

몸에서 신경세포는 어떤 일을 하며, 신경계는 어떻게 이루어져 있을까?

### 뉴런

우리 몸은 빛, 소리, 냄새 등 다양한 감각을 받아들이고 그에 따른 적절한 행동을 한다. 이와 같은 일들이 가능한 이유는 감각 기관이 받은 자극이 뇌로 전달되고, 뇌에서 만들어진 운동 명령이 운동 기관인 근육으로 전달되기 때문이다. 이처럼 감각 기관과 운동 기관을 연결해 주고 자극과 운동 명령을 전달하는 체계를 **신경계**라고 한다.






그림 Ⅶ-22 뉴런의 구조와 종류



### 찾아보기

- 뇌에 관한 작은 책(2011), 미하엘 마데야 저, 장혜경 역, 새터
- 뇌(2010), 리타 카터 저, 장성준 역, 21세기북스(북이십일)

## | 관련 지식 |

### ❀ 루게릭병

근위축성 측색 경화증(amyotrophic lateral sclerosis)을 말하며, 척수와 뇌에 있는 신경세포들이 천천히 퇴화하는 질병이다. 대체로 운동 신경세포에서만 나타나기 때문에 점차 근위축과 근력 약화를 초래한다. 일반적으로 50~70세 때 발병하며, 여자보다 남자에게 더 많이 발생한다.

## 과학 돋보기

### ❀ 뉴런의 구조

(1) **신경세포체** 핵과 여러 세포 소기관들을 포함하고 있는 별 모양의 부분으로서, 가지 돌기로부터 자극을 받아들인다. 크기는 매우 다양하며, 대체로 일반적인 체세포에 비해 큰 편이다. 뉴런 전체에 양분을 공급하고, 아세틸콜린과 같은 신경 전달 물질을 합성한다. 신경세포체에서 만들어지는 단백질은 주로 축삭 돌기에 공급된다.

(2) **신경 섬유** 신경세포체에서 뻗어 나온 가느다란 실 모양의 부분으로서, 지름은 1~15 $\mu$m이다. 길이는 다양하며, 말초 신경에서는 1 m가 넘는 것도 있다. 한 개의 뉴런은 한 개의 축삭 돌기와 1,000~10,000개의 가지 돌기를 가지고 있다.

① **가지 돌기:** 다른 신경세포에서 오는 자극을 신경세포체로 보내는 역할을 한다.

② **축삭 돌기:** 신경세포체로 전달된 자극을 인접한 뉴런이나 운동 기관으로 전달한다.

### ❀ 뉴런의 종류

(1) **감각 뉴런** 감각 신경을 이루는 뉴런으로서, 감각 기관에서 수용한 자극을 중추 신경계로 전달한다. 가지 돌기가 길고, 가지 돌기와 축삭 돌기가 말이집에 싸여 있다.

신경계는 **뉴런**이라고 불리는 수많은 신경세포들로 구성되어 있다. 뉴런은 빠르게 자극을 전달해야 하므로 다른 세포들과는 달리 길게 뻗어 있는 모양이며, 신경세포체와 신경 섬유로 이루어져 있다.

핵과 세포질이 있는 **신경세포체**는 뉴런의 물질대사에 관여하며, 신경 전달 물질을 합성한다. 실처럼 가늘고 긴 모양의 **신경 섬유**에는 가지 돌기와 축삭 돌기가 있다.

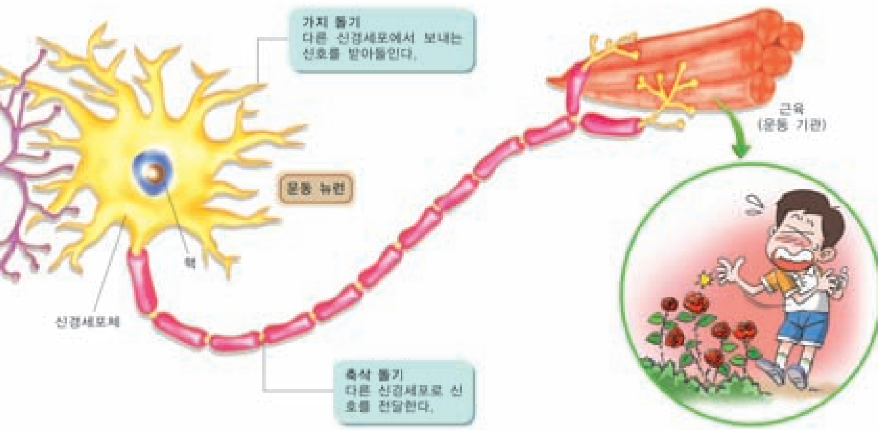
가지 돌기는 전파를 받는 안테나와 같이 다른 뉴런에서 보내는 신호를 받아들인다. 축삭 돌기는 신경세포체에서 뻗어 나온 한 개의 긴 돌기로서, 다른 뉴런으로 신호를 전달한다.

뉴런의 모양과 크기는 매우 다양하며 하는 일에 따라 **감각 뉴런**, **연합 뉴런**, **운동 뉴런**으로 구분된다.

감각 뉴런은 신경세포체가 축삭 돌기의 한쪽 옆에 치우쳐 있으며, 감각 기관이 받은 자극을 연합 뉴런으로 전달한다. 연합 뉴런은 가지 돌기가 특히 많고 신경세포체가 발달되어 있으며, 감각 뉴런과 운동 뉴런을 연결한다. 운동 뉴런은 축삭 돌기가 길고 신경세포체가 비교적 크며, 연합 뉴런이 만든 운동 명령을 운동 기관으로 전달한다.

수많은 뉴런들은 서로 모여 신경 조직을 구성한다. 감각 뉴런은 감각 신경을 구성하고, 연합 뉴런은 뇌와 척수를 구성하며, 운동 뉴런은 운동 신경을 구성한다.

스스로 해결하기
뉴런은 핵이 있는 (　　　)와/과 신호를 전달하는 신경 섬유로 이루어져 있다.




2. 신경계 377

(2) **연합 뉴런** 중추 신경계(뇌와 척수)를 구성하고 있으며, 감각 뉴런과 운동 뉴런 사이에서 흥분을 중계하는 역할을 한다. 가지 돌기가 특히 많고, 신경세포체가 발달되어 있다.

(3) **운동 뉴런** 운동 신경을 이루는 뉴런으로서, 중추 신경계에서 내린 판단과 명령을 운동 기관으로 전달한다. 축삭 돌기가 길고 말이집에 싸여 있다.

### ❀ 시냅스

뉴런과 뉴런 사이의 접합부로, 하나의 뉴런의 축삭 돌기와 다른 뉴런의 가지 돌기가 연결된 부위이며, 20 nm 정도의 간격을 두고 체액으로 차 있다. 뉴런의 축삭 돌기 끝에는 시냅스 소포라는 여러 개의 주머니가 있다. 그 속에는 신경 전달 물질인 아세틸콜린이 들어 있어 자극이 시냅스를 통해 다른 세포로 전달될 때 이 주머니가 터져서 아세틸콜린이 인접 세포의 가지 돌기로 이동한다.

### ❀ 말이집(수초)

축삭 돌기를 덮고 있는 여러 겹의 얇은 막으로서, 절연 물질의 역할을 한다. 뉴런의 에너지 효율을 증가시키며, 축삭 돌기의 정보 전달 속도를 빠르게 해 준다. 축삭 돌기에서 말이집이 없어지면 운동 장애, 감각 장애, 인지 기능 장애 등의 다양한 행동적 결함이 나타난다.

**스스로 해결하기**

뉴런은 핵이 있는 ( 신경세포체 )와/과 신호를 전달하는 신경 섬유로 이루어져 있다.




### ❀ 시냅스와 지능

사람의 지능은 뇌세포 수에 의해서가 아니라 가지 돌기와 축삭 돌기가 어떻게 연결되어 있느냐에 따라 결정된다. 갓 태어난 아기의 뇌세포 수는 성인의 뇌보다 오히려 많지만 기관의 발달이 완성된 것은 아니다.

뇌세포의 축삭 돌기와 가지 돌기를 시냅스가 연결하여 뇌 전체의 네트워크를 형성한다. 뉴런은 무수히 많은 가지 돌기를 통해 수만 개의 정보를 받아들인다. 이러한 입력 정보가 신경세포체에서 처리되어 단일한 정보가 출력된다.

### ❀ 시냅스에서의 흥분 전달

한 뉴런에서의 흥분은 전도에 의해서 축삭 돌기 말단에 있는 시냅스에 도달한다. 한 뉴런과 다음 뉴런은 시냅스 틈에 의해 서로 떨어져 있기 때문에 흥분의 전도가 바로 이어질 수 없다. 따라서 시냅스에서의 흥분의 이동은 뉴런에서의 흥분의 전도와는 다른 방식으로 이루어진다. 축삭 돌기의 끝까지 흥분이 전도되면 축삭 돌기 말단의 시냅스 소포가 터지면서 그 속에 있던 흥분 전달 물질인 아세틸콜린이 시냅스 틈으로 분비된다. 아세틸콜린은 확산에 의해 다음 뉴런의 세포막을 자극한다. 이와 같이 시냅스를 통해 뉴런에서 다음 뉴런으로 흥분이 전해지는 현상을 흥분의 전달이라고 한다.

### ❀ 흥분의 전달 방향

흥분의 전달 방향은 한쪽 방향으로만 이루어진다. 이것은 가지 돌기나 신경세포체에서는 아세틸콜린과 같은 화학 물질이 분비되지 않기 때문이다. 따라서 흥분은 한 뉴런의 가지 돌기에서 다른 뉴런의 축삭 돌기 쪽으로는 전달되지 않고, 한 뉴런의 축삭 돌기에서 다른 뉴런의 가지 돌기 쪽으로만 전달된다.

## 과학 돋보기

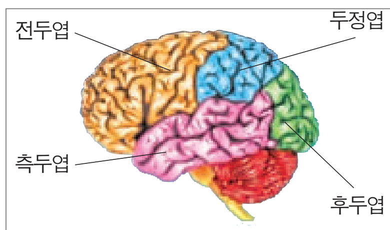


### ❀ 중추 신경계

뇌와 척수처럼 신체 중심부의 골격 속에 위치하고 있는 신경계를 의미하며, 몸에서 일어나는 모든 일을 조절하는 중심이다.

(1) **대뇌** 뇌에서 가장 크고 가장 위쪽에 있는 부위로서, 좌우 두 개의 반구로 이루어져 있으며 표면에는 주름이 많다.

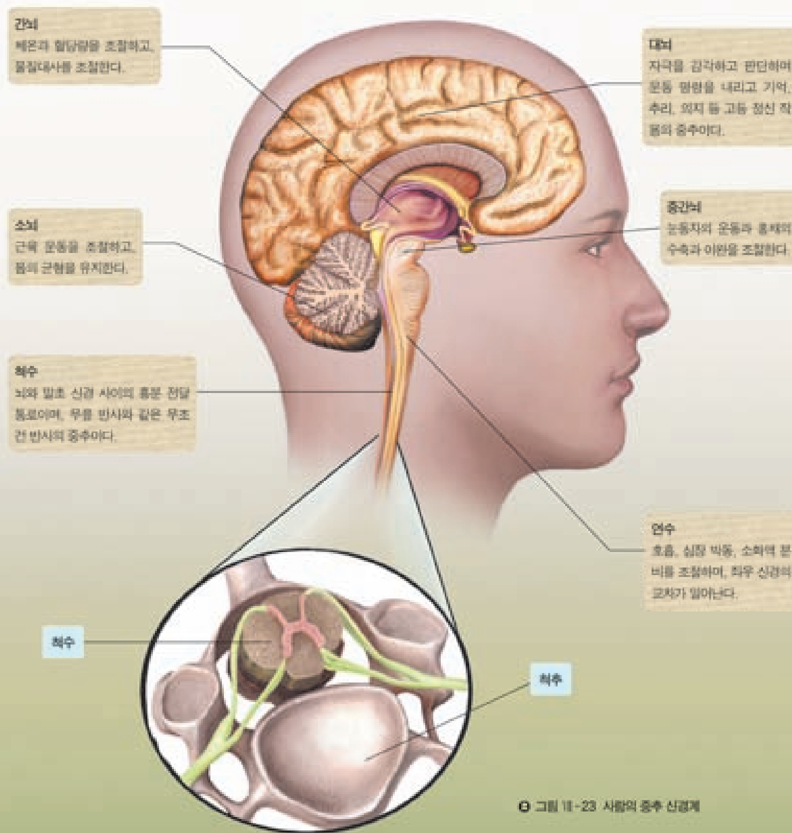
① **대뇌 겉질**: 대뇌 바깥쪽에 있는 두께가 약 2.5 mm인 부분으로서, 신경세포체가 모여 있고 회색을 띠고 있어 회색질이라고도 한다. 크게 전두엽, 측두엽, 두정엽, 후두엽의 네 부분으로 이루어져 있으며, 감각과 수의 운동 및 기억, 판단, 감정 등 고도의 정신 활동을 담당한다.




❷ 대뇌의 구조

- 감각 영역: 감각 기관에서 받아들인 자극이 감각 신경의 흥분에 의해 전기적인 신호로 대뇌에 전달되어 오면 그 자극을 느끼는 부분이다.
- 연합 영역: 감각 영역에서 받은 정보를 판단하고 선별하여 운동 영역에 명령을 보낸다. 이 밖에도 기억, 사고, 추리 등 복잡한 정신 활동을 담당하며 사람에게서 가장 발달되어 있는 부분이다.
- 운동 영역: 연합 영역의 명령에 따라 팔, 다리 등의 수의 운동을 조절하여 반응을 나타내는 중추들이 모여 있다.

② **대뇌 속질**: 대뇌 겉질 아래에 위치하며, 말이집 신경 섬유로 구성되어 있기 때문에 흰색으로 보여 백색질이라고도 한다. 대뇌 속질에서 신경 섬유는 다발을 이루어 대뇌 겉질과 척수를 연결하며, 정보를 여러 부위로 전달하는 기능을 한다.



**중추 신경계**

신경계는 중추 신경계와 말초 신경계로 구분된다.

중추 신경계는 몸의 중심부에 위치하고 있으며, 연합 뉴런으로 이루어진 **뇌와 척수**가 있다. 중추 신경계는 자극을 수용하여 반응을 일어나게 하고, 의식적인 활동과 무의식적인 활동을 조절해 준다. 사람의 뇌는 대뇌, 소뇌, 간뇌, 중간뇌, 연수로 구분된다.



⊙ 그림 Ⅱ-23 사람의 중추 신경계

378 Ⅱ. 자극과 반응

(2) **소뇌** 대뇌의 뒤쪽 아래에 있으며, 대뇌와 같이 좌우 두 개의 반구로 되어 있다. 대뇌와 함께 수의 운동이 정확하고 원활하게 일어나도록 조절하며, 자세를 바로 잡고 몸의 균형을 유지시키는 중추이다. 몸의 균형 유지는 속귀의 전정 기관과 반고리관으로부터 오는 정보에 따라 이루어진다. 따라서 동물의 소뇌를 제거하면 연결 동작을 할 때 심한 장애가 나타난다.

(3) **간뇌** 대뇌와 중간뇌 사이에 있으며, 시상과 시상 하부로 나누어진다. 시상은 척수나 연수 등에서 오는 자극을 대뇌의 각 부분으로 선별하여 보내는 중계소 역할을 한다. 시상 하부는 시상 아래쪽에 있는데, 간뇌가 담당하는 기능은 주로 시상 하부에 그 중추가 있다. 체온 조절, 혈당량 조절, 삼투압 조절 등 자율 신경의 조절 중추이며, 뇌하수체 호르몬 분비량을 조절한다.

(4) **중간뇌** 간뇌의 아래쪽, 소뇌의 앞쪽에 있으며, 대부분 신경 섬유로 되어 있어서 자극 전달의 통로가 된다. 눈에 빛이 들어왔을 때 홍채의 면적을 늘려 동공을 수축시키거나 수정체의 두께를 조절하여 초점을 맞추는 작용 등을 담당한다. 또한 소뇌와 함께 몸의 평형을 조절한다.

(5) **연수** 중간뇌와 척수 사이에 있다. 대뇌 및 소뇌와 말초 신경 사이의 중계를 맡고 있으며, 신경의 교차가 일어난다. 호흡, 순환 등 생명 유지와 관계있는 주요 기관의 기능을 조절하며, 음식물을 삼키는 운동이나 침과 눈물의 분비, 하품, 재채기 등과 같이 무의식적으로 일어나는 반사 운동을 조절한다.

**대뇌**는 호두의 알맹이처럼 겉부분에 많은 주름이 있으며, 왼쪽과 오른쪽 두 개의 반구로 이루어져 있다. 대뇌의 왼쪽은 몸의 오른쪽을, 대뇌의 오른쪽은 몸의 왼쪽을 통제한다. 선생님을 만나면 인사를 하거나, 친구와 대화를 나누거나, 애절한 영화를 보고 슬픔을 느끼는 것과 같은 대부분의 일들은 대뇌가 조절한다. 대뇌는 감각 기관에서 자극을 전달받아 운동 명령을 내리며, 기억, 사고, 추리, 감정 등의 고차원적인 작용을 담당한다.

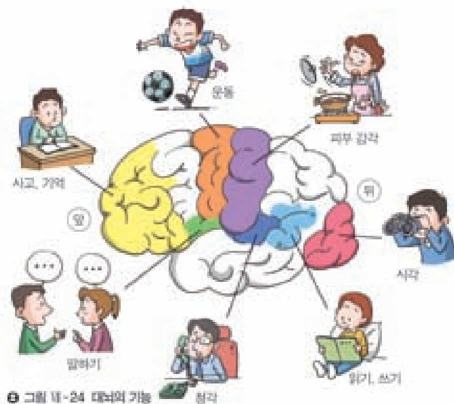


그림 Ⅶ-24 대뇌의 기능

**소뇌**는 근육을 조절하여 몸의 균형을 유지하고, 미세한 동작을 조절한다. 자전거나 스케이트를 처음 배울 때에는 자주 넘어지지만 여러 번 타다 보면 능숙하게 타게 된다. 그 이유는 근육 운동을 조절하고 몸의 균형을 유지하는 데 소뇌가 관여하기 때문이다.

**간뇌**는 대뇌로 둘러싸여 있으며, 자율 신경계의 조절 중추이다. 간뇌는 우리 몸의 체온과 혈액 속에 있는 포도당이나 무기 염류와 같은 체액의 성분을 일정하게 유지시킨다. 또한 간뇌의 뇌하수체는 호르몬의 분비를 조절한다.

용어 **뇌하수체**
척추동물에서 볼 수 있는 타원형의 내분비샘으로서, 간뇌 아래에 있다.

**중간뇌**는 수정체의 두께를 조절하고, 동공의 크기 변화와 같은 시각의 반사 운동을 조절한다.

**연수**는 신경이 서로 교차하는 통로이며 생명 유지에 필요한 심장 박동, 호흡, 소화, 배설 등을 조절한다. 또한 하품이나 기침, 재채기 등과 같은 운동을 조절한다.

**척수**는 척추로 둘러싸여 있다. 척수는 신경이 지나가는 통로이며, 뇌와 말초 신경 사이에서 자극과 정보를 전달하는 역할을 한다. 척수를 다치면 재생이 힘들기 때문에 다친 곳의 아래쪽이 마비되는 경우도 있다.

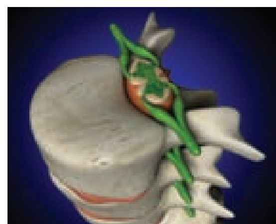


그림 Ⅶ-25 몸의 균형 유지
소뇌는 몸의 균형을 유지하도록 해 준다.

잠깐 체크 오른쪽 뇌를 다치면 몸의 왼쪽이 마비되고, 왼쪽 뇌를 다치면 몸의 오른쪽이 마비되는 이유는 무엇인가?

2. 신경계 379

(6) **척수**  목에서 엉덩이에 이르는 원기둥 모양의 중추로서, 척추 속에 있으며, 연수와 연결되어 있다. 대뇌와는 반대로 겉질이 백색질이고 속질이 회색질이다. 척수의 앞쪽은 운동 신경과 연결되어 있고 뒤쪽은 감각 신경과 연결되어 있다. 뇌와 말초 신경 사이의 자극과 정보를 전달하는 기능을 한다. 이외에도 젖 분비, 땀 분비, 배변, 배뇨, 무릎 반사와 같은 단순한 자극이나 정보를 뇌로 보내지 않고 직접 처리하는 척수 반사를 담당한다. 말초 신경계의 신경들은 척수를 경유하여 뇌와 연결되어 있기 때문에 척수가 손상을 입게 되면 손상된 부위 아래는 감각과 운동 기능을 상실하게 된다.


척수

### 신경계의 작용

신경계는 감각 기관과 반응 기관을 연결시켜 자극에 대한 적절한 반응이 일어나도록 한다. 신경계의 주된 작용은 신경 자극의 전달과 체내 여러 곳의 활동을 통합하는 일이다. 통합이란 일반적으로 서로 다른 기능을 유지하면서도 전체적으로는 서로의 기능이 유기적으로 연관되어 통일성을 유지하는 것을 의미한다. 신경계의 조절 작용은 항상성을 유지하는 데 절대적으로 필요한 요인이다.

**잠깐 체크**

**연수에서 신경이 교차되기 때문이다.**

연수에서 신경이 교차되므로, 오른쪽 대뇌 반구의 운동 영역은 몸의 왼쪽 운동을 조절하고, 반대로 왼쪽 대뇌 반구의 운동 영역은 몸의 오른쪽 운동을 조절한다. 따라서 오른쪽 뇌를 다치면 몸의 왼쪽이 마비되고, 왼쪽 뇌를 다치면 몸의 오른쪽이 마비된다.

## 관련 지식

### 뇌하수체

주요 내분비샘의 하나로서, 시상 하부의 아래에 수직으로 달려 있는 호르몬 분비샘이다. 가장 많은 종류의 호르몬을 분비하며, 다른 내분비샘을 통제하는 기능을 한다.

### 뇌의 무게

성인의 뇌의 무게는 약 1,400 g이다. 갓 태어난 아기의 뇌의 무게는 340~370 g이며, 계속해서 자라 4살쯤 되면 무게가 약 1,350 g이 되고, 20살이 될 때까지 나머지 50 g 정도가 더 자란다.

뇌의 무게는 체중의 약 2 %에 불과하지만 산소와 포도당의 20~25 %를 사용할 만큼 바쁘게 움직인다. 뇌는 물 78 %, 지방 10 %, 단백질 8 %, 탄수화물 1 %, 무기 염류 1 %, 기타 구성 물질 2 %로 구성되어 있다.

### 치매

뇌의 손상으로 인해 발생하는 일련의 인지 및 운동 장애 증상들을 포함하는 개념으로, 크게 뇌혈관 질환에 의한 치매(혈관성 치매)와 알츠하이머병에 의한 치매(노인성 치매)로 구분한다.

혈관성 치매는 뇌혈관이 좁아지고 막혀 뇌에 산소 및 영양 공급이 되지 않아 뇌세포가 죽는 현상으로 인해 나타난다. 혈관성 치매는 예방이 가능하며, 초기에 발견하면 치료도 할 수 있다. 반면 치매의 60 % 이상을 차지하는 노인성 치매의 원인은 아직 분명하게 밝혀지지 않고 있다.




### ❀ 한센병

한센병은 인간의 가장 오랜 질병의 하나이며, 만성 감염성 면역 질환이다. 1874년 노르웨이의 한센 박사에 의해 처음으로 발견된 나균에 의해 발생하는 감염성 질환으로 나병이라고도 한다.

면역 상태에 따라 다양하지만, 대개 감각 저하, 피부 반점, 신경 손상, 눈썹 소실, 손발의 감각 소실, 실명 등의 여러 가지 증상이 나타난다. 치료를 하지 않으면 신경계 합병증으로 인해 사지의 무감각과 근육의 병적인 증상이 발생하는 등 다양한 장애가 발생할 수 있다.

## | 관련 지식 |

### ❀ 뇌신경

뇌로부터 나와서 뇌와 가슴 부분의 근육이나 감각 기관을 직접 연결시켜 주는 말초 신경이다. 파충류 이상의 동물에서는 12쌍, 원구류는 8쌍, 어류와 양서류는 10쌍의 뇌신경이 있다. 사람은 12쌍으로 제1 뇌신경에서 제12 뇌신경까지 배열되어 있으며, 각각 고유한 이름이 있다.

뇌신경에는 후각 신경(후각 담당), 시각 신경(시각 담당), 동안 신경(안구의 움직임 조절 담당), 안면 신경(얼굴의 표정근 조절 담당), 청각 신경(청각, 평형 감각 담당) 등이 있다.

### ❀ 척수와 척수 신경

척수는 뇌에서부터 척추 안으로 길게 이어져 있는 중추 신경이고, 척수 신경은 척수에서 몸으로 뻗어 나가는 31쌍의 말초 신경이다.

일반적으로 중추 신경이 손상되면 거의 재생이 되지 않지만 말초 신경은 느리지만 조금씩 재생이 된다. 척수는 모든 신경이 모아져 있는 다발이고, 척수 신경은 척수에서 하나씩 갈라져 나온 신경 가지이므로 손상이 되더라도 범위가 비교적 작다. 따라서 척수의 손상이 척수 신경의 손상보다 더 많은 장애를 일으킨다.



**말초 신경계**

말초 신경계는 뇌나 척수와 연결되어 온몸에 분포하는 신경계를 말한다. 말초 신경계는 그 기능에 따라 체성 신경계와 자율 신경계로 구분된다.

**체성 신경계**는 감각 신경과 운동 신경이 쌍으로 이루어져 있으며, 정보의 전달을 담당한다. 감각 신경은 소리, 냄새, 아픔과 같은 감각 정보를 중추 신경계로 전달해서 그 의미를 파악하게 하고, 운동 신경은 중추 신경계가 만든 운동 명령을 운동 기관으로 전달해서 몸을 움직이게 한다. 체성 신경계는 피부나 근육, 감각 기관 등에 연결되어 있다. 체성 신경계에 이상이 생기면 감각을 느끼지 못하거나 몸을 움직이지 못할 수도 있다. 감각 신경이 손상된 한센병 환자의 경우는 얼굴이나 손발에 상처가 생겨도 통증을 느끼지 못한다.

한센병 나균에 의해 감염되는 전염병으로서, 나균을 발견한 한센의 이름에서 유래한 명칭이다. 병이 진행되면 감각 신경이 손상되어 감각을 느끼지 못한다.

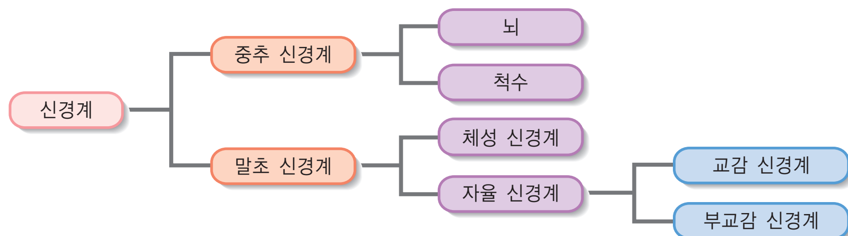


그림 Ⅶ-26 신경계 중추 신경계와 말초 신경계로 구분된다.

380 Ⅶ. 자극과 반응




### ❀ 신경계의 종류




신경계

### ❀ 말초 신경계

(1) **체성 신경계** 피부, 골격근, 관절 등의 신체 각 부분에 연결되어 의식적으로 조절되는 신경 다발로서, 신체의 외부로부터 들어오는 정보를 중추 신경계로 보내기도 하고 중추 신경계에서 내린 명령이나 정보를 신체 각 부분으로 전달하는 기능을 한다. 대부분 대뇌의 지배를 받으며, 뇌와 연결되어 있는 뇌신경 12쌍과 척수와 연결되어 있는 척수 신경 31쌍이 있다.

**자율 신경계**는 다른 신경계와는 달리 우리의 의지와 관계없이 독립적으로 조절하는 신경계이다. 자율 신경계는 **교감 신경**과 **부교감 신경**으로 이루어져 있다. 교감 신경과 부교감 신경은 쌍을 이루고 있으며, 서로 반대되는 일을 한다. 교감 신경은 스트레스나 긴장 상태에서 활성화되고, 부교감 신경은 휴식 상태에서 활성화된다. 자율 신경계에 의해 호흡, 소화, 체온, 심장 박동 등이 자율적으로 조절되기 때문에 생명을 유지할 수 있다.



그림 Ⅵ-27 부교감 신경이 작용하는 예_ 집중하여 책을 읽다가 휴식을 취하면 부교감 신경이 활성화되어 배고픔을 느끼게 된다.

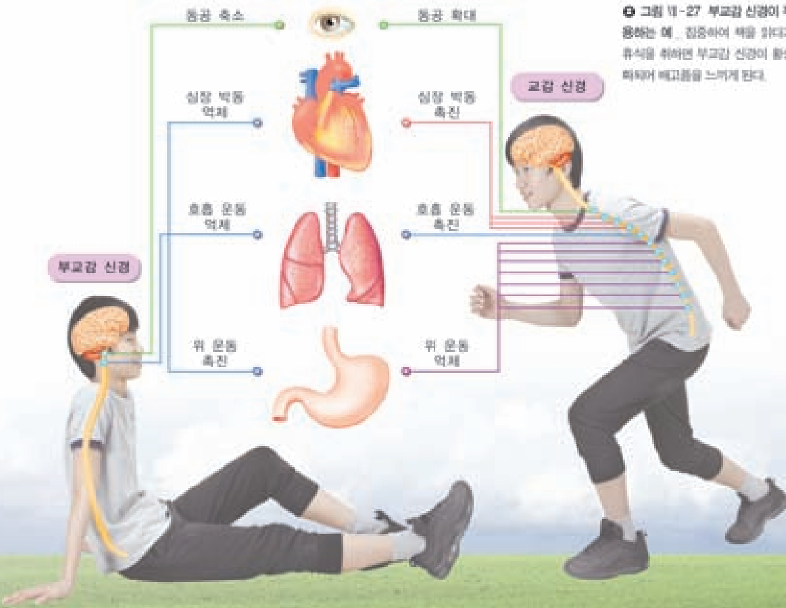



그림 Ⅵ-28 부교감 신경(왼쪽)과 교감 신경(오른쪽)의 역할

자기 주도 학습

개념 확인하기

❶ 중추 신경계와 말초 신경계는 각각 어떤 뉴런들로 이루어져 있는가?

❷ 체조 선수들은 일반인에 비해 어떤 뇌가 발달되어 있는가?

과학과 의학 연관 짓기

사고로 뇌에 심각한 손상이 생긴 경우 뇌사 상태에 이르거나 식물인간이 되기도 한다. 뇌사와 식물인간을 구분하는 기준이 무엇인지 신경계와 관련해서 조사해 보자.

Ⅵ. 신경계 381

(2) **자율 신경계** 대뇌의 직접적인 지배를 받지 않으며, 의지와 관계없이 우리 몸의 기능을 자율적으로 조절한다. 순환, 호흡 등 생명 유지와 관련되어 있으며, 교감 신경과 부교감 신경이 길항 작용을 하면서 내장 기관의 기능을 조절한다.

**교감 신경과 부교감 신경 비교**

| 구분 | 교감 신경 | 부교감 신경 |
|---|---|---|
| 연결 부위 | 연수와 척수 끝부분 | 가슴과 배 쪽의 척수 |
| 활성화 | 긴장 상태 | 휴식 상태 |
| 말단 분비 물질 | 아드레날린 | 아세틸콜린 |
| 혈압 | 상승 | 하강 |
| 혈관 | 수축 | 확장 |
| 소화액 분비 | 억제 | 촉진 |
| 방광 | 확장 | 수축 |
| 땀 분비 | 촉진 | 억제 |

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

❶ 중추 신경계는 연합 뉴런으로 이루어져 있다. 말초 신경계 중 체성 신경계는 감각 뉴런과 운동 뉴런으로 이루어져 있으며, 자율 신경계는 교감 신경과 부교감 신경으로 이루어져 있다.

❷ 소뇌_ 소뇌는 팔과 다리의 균형을 유지시켜 주고 어떤 근육이 언제 움직여야 할지 지시를 내린다.

▶ 과학과 의학 연관짓기

식물인간은 의식이 없고 기본적인 대사 기능만 남아 있는 상태를 말한다. 대뇌 겉질의 손상으로 운동 기능이나 의식은 정지되지만 뇌줄기(간뇌, 중간뇌, 연수)는 살아 있기 때문에 호흡, 소화, 심장 박동 기능은 일어난다.

뇌사는 심장은 뛰고 있으나, 뇌줄기를 포함한 모든 뇌 기능이 완전히 정지되어 회복이 불가능한 상태를 말한다. 스스로 호흡과 혈액 순환을 할 수 없기 때문에 인공호흡기 없이는 생명을 유지할 수 없다. 맥박과 체온은 일시적으로 유지될 뿐이다.

## 참고 자료 스트레스는 왜 생길까?

사람의 몸은 정상적인 건강 상태를 유지하기 위해 자율 신경계의 교감 신경과 부교감 신경의 작용이 균형을 이루고 있다. 그런데 자율 신경계의 균형이 흐트러지는 가장 큰 원인은 바로 스트레스이다.

스트레스는 외부의 자극에 대해 몸에서 일어나는 비정상적인 반응을 말한다. 적절한 외부 자극은 오히려 몸과 정신에 활력을 주지만, 자극이 지나치면 뇌하수체 전엽과 부신에서 아드레날린이 급격히 분비되어 교감 신경을 지나치게 긴장시킨다. 스트레스가 지속되면 고혈압, 위궤양 같은 질환이나 불면증, 노이로제 같은 심리적 반응이 나타나기도 한다.

# 2-2 자극의 전달과 반응

## | 학습 내용 안내 |

(1) 자극에 대한 반응이 나타나는 경로에는 의식적인 반응과 무의식적인 반응이 있다는 것을 이해한다.

(2) 자극에 대한 반응 시간을 측정하는 실험을 통해 반응이 나타나기까지 시간이 걸리는 이유를 이해한다.

## | 학습 전개 |

도입 글을 통해 자극에 대한 반응들을 의식적인 반응과 무의식적인 반응으로 구분하게 한다.



의식적인 반응이 일어나는 경로를 토의해서 발표하게 한다.



무의식적인 반응이 일어나는 경로를 토의해서 발표하게 한다.



무조건 반사의 개념을 정리하고 각 중추가 조절하는 반사의 예를 들어 구분하게 한다.



실험을 통해 반응이 나타나기까지 시간이 걸리는 이유를 토의하게 한다.

**찾아보기**

- 전달하는 감각(2004), 레베카 트레이시 저, 윤소영 역, 대교 출판
- 세상의 비밀을 밝힌 위대한 실험(2009), 조지 존슨 저, 김정은 역, 에코의 서재
- 시냅스와 자아(2005), 조지프 르두 저, 강봉균 역, 소소

Ⅶ. 자극과 반응

# 2-2 자극의 전달과 반응

**학습 목표**

- 자극에 대한 반응 경로를 말할 수 있다.
- 의식적인 반응과 무의식적인 반응의 예를 설명할 수 있다.

엄마가 아기의 손바닥에 손가락을 갖다 대면 아기는 힘을 주어 엄마의 손가락을 꽉 잡는다. 또한 갓 태어난 아기의 겨드랑이를 잡고 일으켜 세운 다음 발바닥을 땅에 닿게 하면 아기는 걷는 것처럼 발을 교대로 내딛는다. 아기는 졸음이 오면 하품을 하고 갑자기 재채기를 하기도 한다. 이런 행동은 의식적인 반응일까? 무의식적인 반응일까?

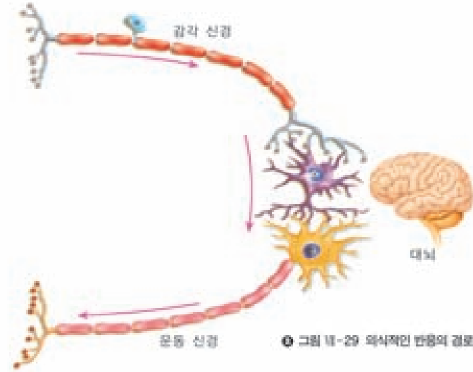
### 의식적인 반응

생물의 특징 중 하나는 자극에 대해 적절하게 반응하는 것이다. **반응**이란 자극에 대해 우리 몸이 나타내는 행동으로서, 반응하기 위해서는 자극과 운동 명령이 신경계를 통해 전달되어야 한다.

일상생활에서 반응은 어떻게 조절되는 것일까? 음료수를 보고 손으로 음료수를 잡을 때까지의 반응 경로를 생각해 보자.






❷ 그림 Ⅶ-29 의식적인 반응의 경로





### ❀ 자극과 반응의 경로

감각 기관에서 받아들인 자극은 감각 신경을 거쳐 중추 신경인 뇌와 척수에 전해지고, 뇌와 척수에서 만들어진 운동 명령이 운동 신경을 통해 근육으로 전달되면 근육 운동이 일어나 반응이 나타난다.

### ❀ 의식적인 반응

사과를 보고 손으로 잡는 것과 같이 스스로 생각해서 몸을 움직이는 반응으로서, 대뇌의 판단과 명령에 의해서 일어난다. 일상생활에서 일어나는 대부분의 반응으로서, '감각 → 이해, 판단, 명령 → 반응'의 단계로 나타나기 때문에 반응이 일어나기까지 어느 정도의 시간이 필요하다. 무의식적인 반응보다 반응 속도가 느리며, 대뇌의 판단 과정이 복잡할수록 반응이 늦어진다.

| 자극 → 감각 기관 → 감각 신경 → 대뇌 → 운동 신경 → 운동 기관 → 반응 |
|---|

눈에 있는 시각 세포가 음료수에 대한 자극을 받아들이면 시각 신경을 통해 대뇌로 자극이 전달된다. 대뇌는 음료수를 마시겠다는 판단을 하고 운동 명령을 내린다. 운동 명령이 운동 신경을 통해 팔의 근육으로 전달되면, 팔을 움직여 음료수를 잡게 된다.

이와 같이 대뇌에 의해 어떤 행동이 의식적으로 조절되는 것을 **의식적인 반응**이라고 한다. 농구 선수가 골대를 향해 농구공을 던지거나 야구 선수가 날아오는 야구공을 방망이로 치는 행동은 의식적인 반응이다. 또 시험을 볼 때 문제를 열심히 풀어 나가거나 졸음을 쫓기 위해 볼을 꼬집는 것 역시 의식적인 반응의 예이다.

의식적인 반응은 대뇌의 판단 과정을 거쳐 나타나기 때문에 반응 속도는 경우에 따라 다양하게 나타날 수 있다.

잠깐 체크 의식적인 반응의 종류는 무엇인가?



그림 Ⅶ-30 의식적인 반응_ 농구 골대를 향해 뛰어오르는 것은 의식적인 반응이다.

**과학 자료실** 대뇌가 관여하는 무의식적인 반응, 조건 반사

대뇌가 의식적인 반응만을 조절하는 것은 아니다. 우리의 행동 중에는 경험에 의해 같은 상황이 반복되면 의지와 상관없이 무의식적으로 반응이 나타나는 경우가 있다. 이와 같은 반응을 조건 반사라고 한다.

조건 반사의 원리는 파블로프의 실험을 통해 밝혀졌다. 파블로프는 개에게 먹이를 줄 때마다 종소리를 들려주었다. 이와 같은 자극을 반복했더니 나중에는 개가 종소리만 듣고도 침을 흘렸다. 이 현상은 종이 울리면 먹이를 준다는 사실이 반복된 훈련에 의해 개의 대뇌에 기억되었기 때문에 나타난다.

우리는 레몬을 보거나 레몬 냄새만 맡아도 입에 침이 고인다. 심지어는 레몬이라는 말만 들어도 침이 고이는 경우도 있다. 이는 레몬을 먹어 본 경험이 있어 대뇌가 그 맛을 기억하고 있기 때문이다. 하지만 레몬을 먹어 본 적이 없는 경우라면 손에 레몬을 쥐어 주어도 침이 고이지 않는다.

조건 반사를 인간 행동에 처음으로 적용한 사람은 왓슨이다. 1920년 왓슨은 9개월 된 어린아이를 대상으로 흰쥐에 대해 무서움을 느끼게 하는 실험을 하였다. 어린아이는 원래 흰쥐를 무서워하지 않았다. 하지만 어린아이가 흰쥐에게 다가가거나 만질 때마다 갑작스럽게 큰 소리를 들려주었다. 결국 어린아이는 흰쥐를 보면 무서움을 느끼게 되었다고 한다. 이처럼 처음에는 무서움을 느끼지 않았지만, 흰쥐와 큰소리가 지속적으로 자극함으로써 어린아이는 흰쥐만 보아도 놀라는 반응을 하게 된 것이다.

조건 반사는 고등 동물일수록 형성시키기가 쉽고, 하등 동물일수록 형성시키기가 어렵다. 일단 조건 반사가 형성된 다음에는 상당 기간 소멸되지 않지만, 자극을 오랫동안 주지 않으면 어느 정도의 시간이 지난 뒤에는 없어진다.



신맛이 나는 과일

2. 신경계 383

## 잠깐 체크

대뇌_ 대뇌에 의해 어떤 행동이 의식적으로 조절되는 것을 의식적인 반응이라고 한다. 의식적인 반응의 예에는 땅에 떨어진 휴지를 줍는 것, 지각하지 않기 위해 빨리 뛰는 것 등이 있다.

## 관련 지식

### 신경계와 컴퓨터의 비교

| 구분 | 신경계 | 컴퓨터 |
|---|---|---|
| 자극의 수용 | 감각 기관 | 입력 장치 |
| 자극의 전달 | 감각 신경 | 케이블 선 |
| 판단 및 명령 | 연합 신경 | 중앙 처리 장치 |
| 운동 명령 전달 | 운동 신경 | 케이블 선 |
| 반응 | 운동 기관 | 출력 장치 |

### 신경의 전달 속도

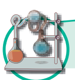
뉴런의 축삭 돌기가 말이집으로 싸여 있는 말이집 신경은 말이집이 없는 민말이집 신경보다 보통 100배 정도 흥분 전달 속도가 빠르다. 동물에 따라서도 전달 속도가 다른데 개구리의 흥분 전달 속도는 17~42 m/s이며, 사람은 보통 60~120 m/s이다.

### 대뇌가 관여하는 반응

의식적인 반응과 조건 반사는 모두 대뇌가 관여하는 반응이다. 그러나 조건 반사는 과거의 경험이 조건이 되어서 나타나는 무의식적인 반응으로, 의식적인 반응에 비해 반응 속도가 빠르다.

### 파블로프의 조건 반사 실험



## 학습 자료실

### 조건 반사

파블로프(Pavlov, I. P.)에 의해 1900년경에 만들어진 개념이다. 특정한 자극에 대하여 무의식적으로 반응하는 반사 현상 중에는 선천적으로 자극과 반응이 관계가 없지만 반복되는 학습을 통해 의지와 상관없이 반사 작용이 일어나는 경우가 있는데, 이를 조건 반사라고 한다.

대표적인 예로는 신 것을 봤을 때 입 안에 침이 고이는 현상을 들 수 있다. 신 것을 입에 넣었을 때 침이 나오는 것은 무조건 반사에 속한다. 하지만 이러한 자극을 경험한 사람은 신 것을 보기만 해도 입 안에 침이 고이게 된다. 여기서 시각적으로 신 것을 보는 것과 침이 나오는 것은 선천적으로 아무런 관계가 없으므로 이러한 반사 작용을 조건 반사라고 한다. 조건 반사가 일어나기 위해서는 학습 과정이 반드시 필요하고, 이 작용은 대뇌 겉질과 관련되어 있다. 따라서 조건 반사는 어느 정도 중추 신경계가 발달해 있는 포유류와 같은 동물에서만 나타나는 현상으로 알려져 있지만, 바퀴벌레와 같은 곤충에서도 조건 반사가 일어난다는 연구 발표도 있다.



레몬_ 신맛이 나는 레몬을 보면 입 안에 침이 고인다.

### | 관련 지식 |

#### ❀ 무조건 반사와 조건 반사

무조건 반사는 태어날 때부터 가지고 있는 선천적인 반응이지만, 조건 반사는 후천적인 반응이다. 무조건 반사는 자극에 대한 반응이 누구나 동일하지만, 조건 반사는 경험이 조건으로 작용하기 때문에 사람마다 차이가 날 수 있다.

무조건 반사의 중추는 중간뇌, 연수, 척수이며, 조건 반사의 중추는 대뇌이다. 무조건 반사와 조건 반사는 모두 의식적인 반응에 비해 반응 속도가 빠르다.

**✚참고 자료** **딸국질을 하는 이유와 멈추는 방법**

횡격막의 경련으로 숨을 쉬려고 할 때 갑자기 후두부의 성문이 닫혀 독특한 소리를 내는 것을 딸꾹질이라고 한다. 딸꾹질은 급격한 기온 변화(더운 환경에서 찬 음료, 더운 환경에서 찬물로 샤워), 음주, 위의 팽창(탄산음료, 공기 삼킴, 과식), 고양된 감정 상태(흥분, 스트레스, 웃음) 등으로 인해 일어나며, 저절로 호전되는 경우가 대부분이다. 따라서 보통의 경우 약간의 불편함에 불과하지만, 오랫동안 지속될 경우 심각한 질환의 증상일 수 있다.

딸국질은 사람뿐만 아니라 다른 포유류에서도 나타난다. 사람의 경우 태어나기 전에 자궁 안에서도 발생한다.

딸꾹질을 멈추는 방법에는 혀를 내밀고 잡아당기기, 숨 참기, 재채기, 갑자기 놀래키기, 비닐봉지에 내쉰 숨을 재호흡하기, 양 무릎을 가슴에 붙여서 횡격막 자극하기, 설탕 한 스푼 먹기 등이 있다. 딸꾹질을 할 때 혀에 설탕을 한 숟가락 올리고 천천히 녹여 먹으면 신경이 설탕의 단맛으로 인해 자극을 받는데, 이때 새로운 자극에 반응하기 위해 딸꾹질이 자연스럽게 멈추게 된다.



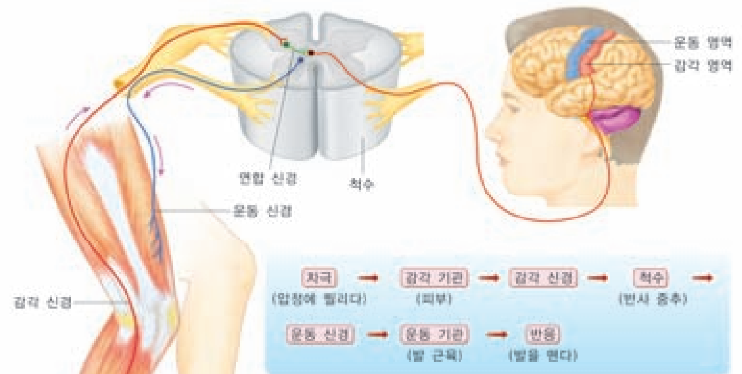
❶ 그림 Ⅶ-31 딸꾹질_ 의지와 상관없이 일어나는 무조건 반사이다.

**무의식적인 반응**

자극에 대한 모든 반응에 대뇌가 관여하는 것은 아니다. 눈 앞으로 갑자기 물체가 날아오면 무의식적으로 눈을 감기도 하고, 코가 간지러울 때에는 자신의 의지와 상관없이 재채기나 딸꾹질을 하기도 한다. 이처럼 자신의 의지와 관계없이 무의식적으로 일어나는 반응을 **무조건 반사**라고 한다. 무조건 반사는 어떻게 조절되는 것일까?

날카로운 압정에 발을 찔리면 순간적으로 발을 움츠린다. 이때의 반응 경로를 생각해 보자.

발바닥 피부에 있는 통점이 자극을 받아들이면, 감각 신경을 통해 척수로 자극이 전달된다. 이 자극은 척수를 거쳐 대뇌로도 전달되지만 대뇌가 압정에 찔렸다는 사실을 인식하고 판단을 내리기 전에 척수가 먼저 발을 움츠리라는 운동 명령을 내린다. 척수의 운동 명령은 운동 신경을 통해 발의 근육으로 전달되어 발을 움츠리게 된다.



❶ 그림 Ⅶ-32 무조건 반사의 경로

이처럼 대뇌를 거치지 않는 무조건 반사는 의식적인 반응보다 빠르게 일어나 갑작스러운 위험으로부터 몸을 보호할 수 있다. 무조건 반사는 선천적인 반응으로 종류가 매우 많으며, 척수와 연수, 중간뇌 등이 반사 중추가 된다.

384 Ⅶ. 자극과 반응



#### ❀ 무조건 반사

외부의 자극에 대해 즉각적이고 선천적으로 일어나는 무의식적인 반응으로, 대뇌가 관여하지 않기 때문에 의식적으로 제어할 수 없다. 무조건 반사는 본능적으로 우리 몸을 보호하기 위한 특별한 반응으로 반응 속도가 빠르며 주로 생물의 생존과 직결되어 있는 반응을 담당하는 경우가 많다. 무조건 반사는 중추 신경계의 어디에서 조절되느냐에 따라 중간뇌 반사, 연수 반사, 척수 반사로 구분한다.

| 자극 → 감각 기관 → 감각 신경 → 반사 중추 → 운동 신경 → 운동 기관 → 반응 |
| --- |

(1) **중간뇌 반사** 중간뇌는 시각 반사, 청각 반사, 평형 반사의 중추이다. 대표적인 반사로는 눈 깜빡임 반사(눈이 건조해지면 눈을 깜빡여 눈물을 유도하는 작용), 동공 반사, 수정체 반사(물체를 볼 때 수정체의 두께가 변하여 초점을 맞추는 반사), 움직이는 물체를 따라 시선이 움직이는 반사 등이 있다.











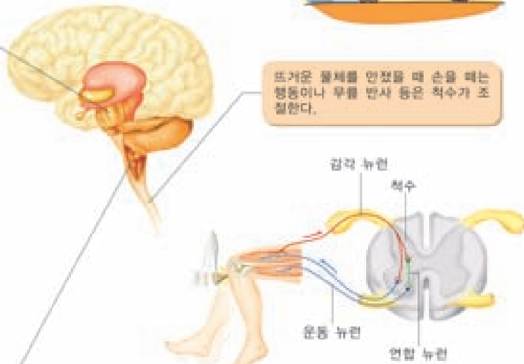




그림 Ⅶ-33 무의식적인 반응

생각해 보기 무릎 반사가 일어나는 경로를 설명해 보자.

**자극에 대한 반응 속도**

우리는 자극에 대해 얼마나 빠르게 반응을 할까? 골대를 향해 빠르게 날아오는 공을 본 골키퍼는 순간적으로 판단하여 공을 막아 낸다. 하지만 골키퍼가 공을 보고 쳐내기까지는 약간의 시간이 필요하다. 자극에 대해 반응하려면 자극에 의해 생긴 신경의 흥분이 뉴런을 통해 운동 기관에 전달되어야 하기 때문이다. 자극에 대한 반응 시간은 개인에 따라 다르고, 신경의 종류에 따라서도 다르다. 또한 운동선수가 같은 동작을 반복 훈련하는 것은 반응 속도를 빠르게 하기 위한 것이다.

자극에 대한 반응 시간을 측정해 봄으로써 의식적인 반응이 일어나기까지 얼마의 시간이 걸리는지 알아보자.





2. 신경계 385

(2) **연수 반사** 호흡 및 소화와 관련된 반사, 눈꺼풀 반사 등이 있다.

① 호흡 운동과 관련된 반사: 하품, 재채기, 기침, 딸꾹질 등

② 소화 운동과 관련된 반사: 음식물이 입 안에 들어갔을 때 침 분비, 음식물 씹기, 음식물 삼키기, 구토 등의 반사 작용

③ 눈꺼풀 반사: 눈에 티끌이 들어가 각막이나 결막 등이 자극을 받았을 때 눈을 감는 반사 작용

(3) **척수 반사** 몸을 보호하기 위한 선천적 반응이다. 제자리걸음 반사, 후퇴 반사, 뻗침 반사, 배변, 배뇨 등이 있다.

① 제자리걸음 반사: 신생아나 유아에게서 볼 수 있는 반응으로, 발바닥을 땅에 닿게 하면 걸음을 걷듯이 두 다리를 번갈아 움직이며 제자리걸음을 한다.

② 후퇴 반사: 뜨거운 것이 손에 닿았을 때 손을 움츠리는 반응과 같이 유해 자극(통각 자극)에 대해 몸을 피하는 반응이다.

③ 뻗침 반사: 근육이나 인대에 갑자기 자극을 주면 일시적으로 근육이 수축하는 반사이다. 고무 망치로 무릎을 치면 무의식적으로 다리가 올라가는 무릎 반사, 발목 반사, 팔꿈치 반사 등이 있다.

**잠깐 체크**

자극(망치로 무릎을 두드림) → 감각 기관 → 감각 신경 → 척수 → 운동 신경 → 운동 기관(다리 근육) → 반응(다리를 들어 올림)

**참고 자료 생존 반사 행동**

(1) **모로 반사** 아기가 큰 소리에 놀라거나 갑자기 몸의 위치가 바뀔 때 팔과 다리를 벌렸다가 무엇을 껴안듯이 다시 몸쪽으로 팔과 다리를 움츠리는 반사 행동이다.

(2) **젖 찾기 반사** 부드러운 물체로 아기의 볼을 살짝 건드리면 그 물체를 향해 입을 벌리고 머리를 돌리는 반사 행동이다.

(3) **수영 반사** 아기가 물속에서 마치 수영을 하는 것처럼 팔을 젓고 발을 걷어차는 반사 행동이다.



수영 반사

(4) **잡기 반사** 신생아의 손바닥을 손가락으로 눌렀을 때 꽉 잡는 반사 행동이다.

**| 관련 지식 |**

**골키퍼가 페널티 킥을 막기 어려운 이유**

골문과 키커 사이의 거리는 11 m이고, 키커가 찬 공은 약 30 m/s의 속력으로 날아온다. 자극이 감각 뉴런을 지나 뇌에서 판단을 거친 다음 운동 뉴런을 통해 손과 발로 전달되는 데에는 0.3~0.35초 정도가 걸린다. 그러나 키커가 찬 공의 속력이 30 m/s일 때 골대로 날아오는 시간은 0.4초 정도 걸린다. 따라서 페널티 킥 상황에서 키커가 찬 공을 보고 골키퍼가 공을 막는 것은 어려운 일이다.

## 탐구 활동 측정(동영상)

### 목표

자극에 대한 반응이 나타날 때까지 시간이 걸리는 이유를 설명할 수 있다.

### 원리 설명

인간은 감각 기관을 통해 외부 자극에 반응하게 된다. 이때 감각 기관에서 받아들인 자극은 감각 신경을 통해 뇌에 전달된다. 뇌에서 적절한 반응이 설계되면 운동 신경에 그 정보를 전달하고 운동 기관(근육)을 통해 반응이 이루어진다.

### 효과적인 수업을 위한 Tip

1 시간의 여유가 있으면 시각과 청각의 복합 자극을 주었을 때의 반응 속도도 측정해 본다.

예 안대로 가리지 않은 상태에서 '땅' 소리와 함께 자를 떨어뜨렸을 때 잡는 실험

2 실험 해석에 대한 토의 과정에서 창의 · 인성이 배양되도록 지도한다.

---

## 탐구 활동 자극에 대한 반응 시간 측정(동영상)

**목 · 표**

자극에 대한 반응이 나타날 때까지 시간이 걸리는 이유를 설명할 수 있다.

**준 · 비 · 물**

50 cm 자, 안대, 의자

**유 · 의 · 점**

1. 자를 떨어뜨리기 전 손가락 사이의 자의 눈금은 0에 위치해 있어야 한다.
2. 자를 떨어뜨릴 때 준비 상태를 확인한 다음 예고 없이 떨어뜨린다.
3. 자를 잡는 손이 위 아래로 움직이지 않도록 주의한다.

**과정**

❶ 한 사람은 의자에 앉은 상태로 엄지손가락과 집게손가락을 벌리고, 다른 사람은 50 cm 자를 들고 앞에 선다.

❷ 자를 잡은 사람이 예고 없이 자를 놓으면 의자에 앉은 사람은 가능한 한 빨리 엄지손가락과 집게손가락으로 자를 잡는다.

❸ 엄지손가락 부분의 눈금을 확인한 다음, 같은 실험을 5회 반복한다.

❹ 이번에는 앉은 사람의 눈을 안대로 가리고, 자를 잡은 사람이 '땅' 소리와 함께 자를 떨어뜨리고, 과정 ❷, ❸을 반복한다.

**결과**

손가락으로 자를 잡은 거리를 기록해 보자.

| 구분 | 1회 | 2회 | 3회 | 4회 | 5회 | 평균값 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 눈으로 볼 때 (cm) | | | | | | |
| 귀로 들을 때 (cm) | | | | | | |

**해석** 창의 · 인성

1 떨어지는 자를 보고 자를 잡을 때까지의 반응 경로를 설명해 보자.

2 눈으로 보고 자를 잡을 때와 귀로 소리를 듣고 자를 잡을 때까지의 반응 시간이 다른 이유는 무엇인지 설명해 보자.

**자기 주도 학습**

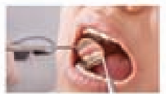
**개념 확인하기**

❶ 무의식적으로 일어나는 무조건 반사의 이로운 점은 무엇인가?

❷ 무의식적인 반응의 조절 중추는 어디인가?

**과학과 생활 연관 짓기**

치과에서 사랑니를 뽑거나 썩은 치아를 치료할 때 마취제를 투여하기도 한다. 이러한 마취제가 신경계에 어떤 작용을 하는지 조사해 보자.



386 Ⅶ. 자극과 반응

---

### 결과

| 구분 | 1회 | 2회 | 3회 |
|---|---|---|---|
| 눈으로 볼 때(cm) | 16 | 15 | 13 |
| 귀로 들을 때(cm) | 25 | 22 | 19 |

| 구분 | 4회 | 5회 | 평균값 |
|---|---|---|---|
| 눈으로 볼 때(cm) | 11 | 10 | 13 |
| 귀로 들을 때(cm) | 18 | 16 | 20 |

### 해석 | 창의 · 인성

1 자극(눈으로 자를 봄.) → 감각 신경 → 대뇌 → 운동 신경 → 운동 기관(손가락 근육) → 반응(자를 잡음.)

2 자극의 전달 경로와 대뇌에서 자극에 대한 정보를 처리하는 속도가 다르기 때문이다.

### 평가 기준표

| | 평가 문항 | 점수(✓) 상 | 중 | 하 |
|---|---|---|---|---|
| 과정 | 1. 자를 떨어뜨리기 전, 손가락 사이의 자의 눈금이 0에 위치해 있는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 2. 동일한 방법으로 자를 잡은 거리를 5회 측정하고 있는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| 결과 및 해석 | 1. 5회 측정한 평균값을 제대로 계산했는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 2. 자를 잡을 때까지의 반응 경로를 옳게 설명하고 있는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 3. 시각과 청각의 반응 시간이 다른 이유를 옳게 설명하고 있는가? | ☐ | ☐ | ☐ |

### 관련 지식

시각이 청각보다 자극의 전달 속도가 빠른 이유는 시냅스 수의 차이 때문이다. 눈과 대뇌 사이에 있는 뉴런의 수는 귀와 대뇌 사이에 있는 뉴런의 수보다 적다. 따라서 시각이 청각보다 시냅스의 개수가 적으므로 자극에 대한 반응이 더 빠르다.

보충·심화

# 전두엽과 성격

1848년 9월 13일, 철도 건설 현장의 작업반장이었던 피니어스 게이지는 평상시와 같이 바위를 폭파하기 위해 조수와 함께 화약을 설치하였다. 바위에 구멍을 뚫고 쇠막대로 화약을 집어넣는 도중 '쾅!' 하는 소리와 함께 쇠막대가 튕겨 나왔다. 그리고 쇠막대는 피니어스의 왼쪽 광대뼈 밑에서 들어와 앞머리를 뚫고 하늘로 날아가 버렸다. 엄청난 사고였지만 피니어스는 살아 있었으며 의식도 멀쩡하였다. 그는 부축 없이도 홀로 걸을 수 있었고, 사고 소식을 듣고 달려온 의사에게 "할 일이 많겠습니다. 의사 선생님."이라고 태연하게 말을 건넸다고 한다.

그런데 그 사건 이후 피니어스의 성격이 완전히 바뀌었다. 피니어스는 평소 유쾌하고 일꾼들과 잘 어울리던 사람이었다. 하지만 사고 이후에는 변덕이 심해졌으며, 상스러운 말을 하는 무례한 청년으로 변하였다. 결국 그는 친구들과 멀어졌으며, 철도 건설 현장에서도 쫓겨났다.

대뇌의 앞부분에는 뇌의 기능을 조절하고 통제하는 전두엽이 있다. 전두엽은 예측하고 결정을 내리며, 사회적으로 상호 작용을 하는 능력을 담당한다. 전두엽에 이상이 생기면 자기만 생각하거나 염치가 없어지는 성격이 나타난다. 또한 주변에 휘둘리거나 자기 절제를 못해 욱하는 마음에 폭력적으로 변하기도 한다. 일부 폭력 범죄자의 경우 뇌 검사를 해 보면 전두엽 기능이 저하되어 있는 경우가 많다고 한다.

피니어스의 경우도 쇠막대가 뇌의 전두엽을 통과하면서 전두엽이 물리적으로 손상되어 성격이 완전히 바뀌게 된 것이다.

전두엽은 주로 청소년기에 발달한다. 이때 교육을 덜 받거나 과음이나 흡연을 하고 스트레스에 자주 시달리면 전두엽이 잘 발달하지 못하고 퇴화된다. 전두엽이 발달하지 않은 사람은 본능을 억제하거나 맡은 일을 수행하는 능력이 떨어진다. 사춘기 청소년들이 감정 조절을 잘하지 못하고 산만한 것도 아직 전두엽이 성숙되지 못했기 때문이다.



❶ 피니어스 게이지의 머리 부상을 나타낸 모형



보충·심화

**효과적인 운영을 위한 Tip**

인터넷 검색창에서 '전두엽'을 키워드로 입력하면 여러 가지 정보들을 얻을 수 있다.

**❀ 전두엽**

대뇌의 앞쪽에 있는 부분으로서, 기억력과 사고력 등의 고등 행동을 주관하며, 다른 연합 영역으로부터 들어오는 정보를 조정하고 행동을 조절한다. 또한 추리, 계획, 운동, 감정, 문제 해결 등에 관여한다.

전두엽이 손상되면 계획을 세우고 복잡한 행동을 하거나 아이디어를 구상하는 일이 불가능해질 뿐만 아니라, 새로운 환경에 적응하지 못하고 비합리적인 자극에 예민해진다.

## 자·기·주·도·학·습

**▶ 개념 확인하기**

❶ 무조건 반사는 의식적인 반응보다 빠르게 일어나 갑작스러운 위험이 닥쳤을 때 몸을 보호할 수 있다.

❷ 중간뇌, 연수, 척수이다.

**▶ 과학과 생활 연관 짓기**

마취제는 수술할 때 느끼는 통증이 대뇌에 도달하는 것을 방지해 주는 약물이다. 특히 치아의 신경은 매우 예민해서 신체의 다른 부위에 비해 통증을 느끼는 정도가 심하기 때문에 마취를 하지 않는 치과 진료는 상상도 할 수 없다. 치과에서 가장 많이 활용하는 국소 마취는 마취제의 적당량을 입 안에 투여하여 신경 전달을 차단하고 신체의 한 부분의 감각과 운동이 일시적으로 마비되게 하는 것이다. 국소 마취제를 사용하는 경우에는 신경 섬유나 세포가 손상되지 않기 때문에 약물 투여를 중단하면 2~3 시간 후에는 감각이 대부분 회복된다.



❷ 마취제

**참고 자료 사람의 성격에 따라 뇌의 크기와 모양이 다르다.**

사람의 성격에 따라 뇌의 각 부위의 크기와 모양이 다르다는 연구 결과가 있다. 미국 미네소타대학교의 콜린드영 박사 연구팀은 사람의 성격을 성실함, 쾌활함, 신경질적임, 외향적임, 사교적임 등 5가지로 나누어 실험 참가자 116명의 성격을 분류한 다음, 이들의 뇌 사진을 찍어 각 부위의 크기와 모양을 비교하였다. 그 결과 외향적인 사람은 보상과 관련된 내측안와전두부겉질이 상대적으로 훨씬 컸다. 성실한 성격의 사람은 계획적인 행동과 절제를 담당하는 외측전전두엽겉질이 크게 나타났다. 또한 신경질적인 성격의 사람은 부정적인 감정을 많이 경험한 이들로서, 위협이나 처벌 등에 반응하는 뇌 부위가 상대적으로 더 발달해 있었다. 한편, 사교적인 사람의 경우에는 뇌의 모양과 크기가 성격과 특별한 연관성이 드러나지 않았다.

# 3-1 호르몬의 종류

## | 학습 내용 안내 |

(1) 몸의 여러 부분에 신호를 전달하고 기능을 조절하는 호르몬의 종류를 알고 각 호르몬의 작용을 이해한다.

(2) 호르몬은 신경계와 달리 지속적이고 느린 반응을 통해 생리 작용을 조절하고 있음을 이해한다.

## | 학습 전개 |

도입 글을 통해 남녀의 2차 성징이 다르게 나타나는 이유를 생각해 보게 한다.

↓

내분비샘에서 분비되는 호르몬의 종류와 작용을 설명한다.

↓

내분비와 외분비의 차이를 토의하여 발표하게 한다.

↓

호르몬의 조절 작용이 신경계와 다른 점을 토의하게 한다.

**찾아보기**

- 호르몬은 왜?(2007), 마르코 라울란트 저, 정수정 역, 프로네시스
- 베살리우스가 들려주는 인체 이야기(2010), 황신영 저, 자음과 모음

## | 관련 지식 |

### ❀ 사춘기에 여드름이 생기는 이유

사춘기에는 성호르몬의 분비가 활발해진다. 이때 남성 호르몬인 안드로젠은 피지샘을 자극해서 피지의 분비량을 증가시키는데, 이러한 피지들이 땀이나 먼지 등과 함께 모공 입구를 막게 되면 여드름이 생긴다. 여성의 경우에는 프로게스테론이라는 황체 형성 호르몬이 여드름의 원인이 될 수 있다.

Ⅶ. 자극과 반응

# 3-1 호르몬의 종류

**학습 목표**

- 내분비샘에서 분비되는 호르몬의 종류를 말할 수 있다.
- 호르몬의 특징을 신경계와 비교하여 설명할 수 있다.



소영이와 현우는 어릴 때부터 친하게 지내 온 단짝이다. 둘은 키가 비슷했기 때문에 만날 때마다 누가 더 많이 컸는지 키재기 놀이를 하곤 하였다. 그런데 중학교 2학년이 되면서 현우의 키가 소영이의 키보다 훌쩍 커지고 몸무게도 많이 늘었다. 그뿐만 아니라 현우는 수염도 나기 시작하고, 목소리도 제법 굵어졌다. 소영이는 중학생이 되자 조금씩 몸에 변화가 생기기 시작하였다. 가슴과 엉덩이가 커지고 월경도 시작되었으며, 미모에도 관심이 많아져서 얼굴에 생기기 시작한 여드름 때문에 고민도 많이 늘었다.

청소년기에는 몸이 급격히 생장하면서 남녀의 신체적 차이가 뚜렷해지기 시작한다. 그러다가 일정한 시기가 지나면 생장이 멈춘다. 이처럼 특정한 시기에 맞춰 우리 몸에 변화가 나타나는 이유는 무엇일까?



그림 Ⅶ-34 1차 성징과 2차 성징_ 태어날 때부터 구분되는 남녀의 특징을 1차 성징이라고 하고, 청소년기 이후에 두드러지게 나타나는 남녀의 서로 다른 신체적 특징을 2차 성징이라고 한다.

390 Ⅶ. 자극과 반응

## 과학 돋보기



### ❀ 성징

(1) **1차 성징** 남녀의 생식기 차이와 같이 태어날 때부터 구별되는 남녀의 차이를 말한다.

(2) **2차 성징** 사춘기 이후 성호르몬(테스토스테론, 에스트로겐)의 작용에 의해 나타나는 생식기 이외의 남녀의 차이를 말한다.

① 남자의 2차 성징: 얼굴에 수염이 나기 시작하고, 목소리가 서서히 굵고 낮은 소리로 변한다. 뼈와 근육이 발달하고, 어깨가 넓어지면서 가슴이 발달하여 탄탄한 체형이 된다.

② 여자의 2차 성징: 남자처럼 목소리가 심하게 변하지는 않지만 약간 저음으로 변한다. 피하 지방 조직이 불어나 엉덩이가 커지고, 전체적인 체형이 둥글고 유연해진다. 골반이 넓어지고 가슴이 둥글고 두툼하게 부풀어 오른다. 배란이 일어나며, 월경을 하게 된다.

### ❀ 호르몬

(1) **호르몬의 정의** 체내의 특정한 세포에서 만들어져 분비되는 화학 물질을 호르몬이라고 한다. 호르몬은 구성 성분에 따라 지질의 일종인 스테로이드계 호르몬과 단백질로 구성된 호르몬, 아미노산으로부터 유도된 아민계 호르몬으로 나누어진다.

우리 몸은 변화하는 환경과 상황에 적응하기 위해서 신체 각 부분의 기능이 필요에 맞도록 항상 조절된다. 예를 들어 추운 겨울철에는 몸을 떨어 열을 발생시키고, 더운 여름철에는 땀을 흘려 체온을 낮춘다. 이와 같은 조절 작용은 신경계와 호르몬에 의해 이루어진다.

**호르몬**은 우리 몸의 특정 부위에서 분비되는 화학 물질로서, 호르몬을 분비하여 몸의 여러 부분에 신호를 전달하고 자극하여 각 기관들의 기능을 조절한다. 우리 몸에서는 100가지 이상의 호르몬들이 분비되고 있으며, 각각 고유한 조절 기능을 갖는다. 또한 거대한 오케스트라가 조화를 이루어 아름다운 음악이 연주되는 것처럼, 여러 호르몬들은 우리 몸의 상태를 균형 있게 조절한다.

스스로 해결하기

2차 성징을 발현시키는 성호르몬에는 정소에서 분비되는 테스토스테론과 난소에서 분비되는 (　　　　) 등이 있다.

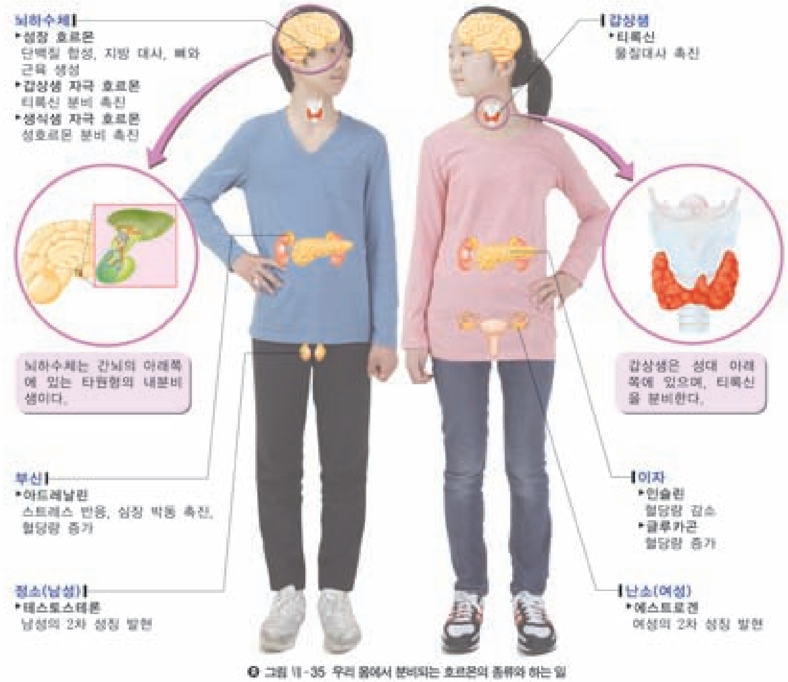



그림 Ⅶ-35 우리 몸에서 분비되는 호르몬의 종류와 하는 일

3. 호르몬 391

(2) 호르몬의 종류와 그 기능

| 내분비샘 | 호르몬의 종류 | 기능 |
|---|---|---|
| 시상 하부 | 성장 호르몬, 갑상샘 자극 호르몬 등 | 성장 촉진, 갑상샘 호르몬 분비 촉진 |
| 갑상샘 | 티록신 등 | 대사 기능 조절 |
| 부갑상샘 | 부갑상샘 호르몬 | 칼슘 대사 조절 |
| 부신 | 코르티솔, 카테콜아민 등 | 대사 기능 조절 |
| 이자 | 인슐린, 글루카곤 | 혈당량 조절 |
| 위 | 세크레틴, 콜레사이스토키닌 등 | 소화액, 쓸개즙 분비량 조절 |
| 콩팥 | 에리스로포이에틴, 레닌 등 | 적혈구 생성, 혈압 상승 |
| 심장 | 심방성나트륨이뇨펩타이드 | 나트륨 배출, 혈압 조절 |
| 간 | 안지오텐시노젠 | 혈압 상승 |
| 정소 | 테스토스테론 | 남성의 2차 성징 조절 |
| 난소 | 에스트로겐, 프로게스테론 | 여성의 2차 성징 조절 |

스스로 해결하기

2차 성징을 발현시키는 성호르몬에는 정소에서 분비되는 테스토스테론과 난소에서 분비되는 ( 에스트로겐 ) 등이 있다.

## 관련 지식

### 성조숙증

성호르몬의 조기 분비로 2차 성징이 또래보다 빨리 나타나는 증상이다. 여자아이의 경우 8세 이전에 젖망울이 잡히거나 외부 생식기의 변화 및 여드름이 나타나고, 남자아이의 경우 9세 이전에 정소가 커지고 음모와 여드름이 나타나면 성조숙증을 의심해야 한다. 성조숙의 가장 큰 문제점은 또래에 비해 생장이 빠른 만큼 생장판이 일찍 닫히기 때문에 정상적인 사춘기를 경험한 또래보다 키가 작을 확률이 높다는 것이다.

참고 자료 **살찌는 체질은 호르몬 때문이라고?**

물만 마셔도 살이 찐다는 사람들이 있다. 이렇게 살이 쉽게 찌는 체질은 호르몬 때문이라는 연구 결과가 있다.

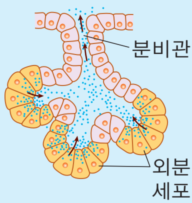
미국의 한 비만 연구 센터 연구팀은 '오렉신(orexin)' 이라는 호르몬에 주목하였다. 생쥐를 대상으로 한 실험 결과 뇌에서 분비되는 오렉신은 갈색 지방을 활성화시키는 것으로 나타났다. 지방 세포는 백색 지방과 갈색 지방으로 구분되는데, 백색 지방은 몸에 축적되는 지방이고 갈색 지방은 열을 내는 지방이다. 만약 몸에 갈색 지방이 많으면 별다른 운동을 하지 않아도 칼로리 소모량이 많아진다.

보통 쥐와 오렉신이 부족한 쥐들에게 6주간 고지방식을 투여한 결과 오렉신이 부족한 쥐들은 보통 쥐보다 몸무게가 더 늘었다. 오렉신이 부족한 쥐는 칼로리를 제때 소비하지 못하여 지방으로 축적되어 살이 찐 것이다.

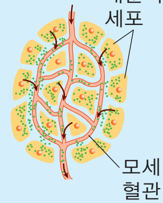
## 잠깐 체크

외분비샘은 분비관을 통해 분비물을 내보내는 샘으로서, 침샘, 땀샘, 간, 위, 장, 이자, 전립샘, 젖샘, 눈물샘 등이 있다.

내분비샘은 분비관 없이 호르몬을 직접 혈액 내로 분비하는 샘으로서, 뇌하수체, 갑상샘, 부갑상샘, 부신, 이자, 난소, 정소 등이 있다.




외분비샘




내분비샘

**외분비샘**

땀을 흘리는 것, 소화액이 분비되는 것과 같이 분비관을 통해 분비 물질을 내보내는 현상을 외분비라고 한다. 외분비는 외분비샘에서 일어나며 외분비샘에는 침샘, 땀샘, 소화샘 등이 있다.

몸에서는 분비샘에서 만들어진 여러 종류의 물질들이 분비된다. 그중에서 호르몬은 분비관이 없어 혈관으로 직접 분비된다. 호르몬이 분비되는 현상을 내분비라고 하며, 호르몬을 분비하는 곳을 **내분비샘**이라고 한다. 내분비샘에는 뇌하수체, 갑상샘, 부신, 이자, 정소, 난소 등이 있다. 혈관으로 분비된 호르몬은 혈액을 통해 온몸을 순환하다가 특정 기관에 도달하면 고유한 기능을 나타낸다. 이때 호르몬이 작용하는 기관을 **표적 기관**이라고 하는데, 호르몬을 분비하는 내분비샘과 표적 기관은 대부분 서로 다르다.

청소년기에 몸이 급격하게 자라는 이유도 뇌하수체에서 분비된 성장 호르몬이 뼈, 근육과 같은 표적 기관에 작용하여 생장을 촉진하기 때문이다. 또 청소년기 이후에 왕성하게 분비되는 성호르몬도 남녀의 서로 다른 표적 기관에 작용하기 때문에 남녀의 차이가 뚜렷해진다.

잠깐 체크 외분비샘과 내분비샘의 차이점은 무엇인가?

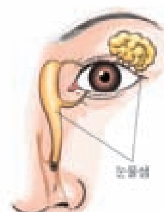



그림 Ⅲ-36 눈물샘. 외분비샘 중 하나로, 분비관을 통해 밖으로 눈물을 분비한다.

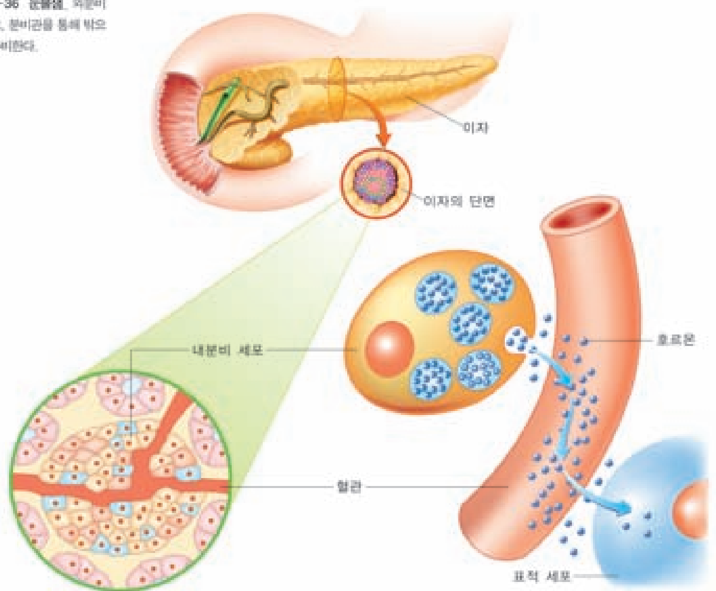



그림 Ⅲ-37 호르몬. 내분비샘에서 분비되어 표적 기관(세포)에 작용한다.

392 Ⅲ. 자극과 반응

## 관련 지식

### 호르몬과 신경계의 차이점

신경계는 자극에 대해 즉각적인 반응을 나타내지만 지속 시간이 짧다. 반면, 호르몬은 반응이 느리지만 지속적인 반응을 나타내고 넓은 범위에 작용한다. 신경계는 신경세포를 통해서 전기적 신호나 화학적 신호를 약 400 km/h 속도로 전달하여 근육의 긴장과 같은 짧은 반응을 일으키지만 호르몬은 길게는 몇 년(생장) 혹은 몇 달, 짧게는 몇 시간(혈당량 조절) 동안 지속적인 반응이 나타난다.

### 페로몬

페로몬(pheromone)은 같은 종류의 동물들 사이에서 작용하는 호르몬으로서, 그리스어 'pherein'(운반하다는 뜻)과 호르몬을 합성시켜 만든 말이다. 대부분의 호르몬은 내분비샘에서 분비되어 개체 내에서 작용하지만, 페로몬은 외분비샘에서 분비되어 다른 개체와의 의사소통, 번식 행위 등에 쓰인다. 페로몬에는 위험을 알리는 경보 페로몬, 장소나 방향을 알리는 길잡이 페로몬, 먹이가 있는 곳을 알리는 집합 페로몬 등이 있다. 처음 발견된 페로몬은 '봄비콜'이라는 물질로 1956년 독일에서 누에나방의 번식을 연구하는 과정에서 발견되었다.






### 청소년기의 신체 변화에 영향을 미치는 호르몬

(1) **생식샘 자극 호르몬** 뇌하수체에서 분비되는 호르몬으로서, 정소에서 남성 호르몬이 분비되고, 난소에서 여성 호르몬이 많이 분비되도록 유도한다.

(2) **성호르몬**

① 테스토스테론(정소에서 생성되는 남성 호르몬): 남자의 2차 성징을 발현시킨다.

② 에스트로겐(난소에서 생성되는 여성 호르몬): 여자의 2차 성징을 발현시킨다.

(3) **성장 호르몬** 뇌하수체에서 분비되며 단백질 합성을 촉진하고 뼈를 포함한 체내의 거의 모든 조직의 생장을 촉진한다.

### 호르몬의 특징

(1) 표적 기관에만 작용하며, 극미량으로 생리 작용을 조절한다.

(2) 내분비샘에서 만들어지며 직접 혈액이나 조직액으로 분비된다.

(3) 항원성이 없어서 체내에 항체가 형성되지 않고 과다증과 결핍증이 생길 수 있다.

성장 호르몬의 분비량이 부족한 경우에 인공으로 만든 성장 호르몬을 주사하면 키가 더 자랄 수도 있다. 그러나 생장판이 닫혀 있는 경우에 잘못 투여하면 많은 부작용을 초래할 수도 있다. 한편, 인슐린은 다른 동물 사이에서도 같은 기능을 나타낸다. 이런 이유 때문에 예전에는 인슐린이 부족한 환자에게 소에서 분리한 인슐린을 투여하기도 하였다.

신경계와 호르몬은 우리 몸에서 정보를 전달하고 조절하는 작용을 한다. 호르몬은 신경계에 비해 작용 범위가 넓고, 성장 호르몬에 의한 생장이나 성호르몬에 의한 2차 성징과 같이 지속적이면서 느린 반응에 관여한다. 그러나 모든 호르몬이 천천히 반응을 일으키는 것은 아니다. 근육에 자극을 전달하는 아드레날린은 비교적 반응이 빠른 편이다. 아드레날린이 분비되면 평소보다 심장 박동이 빨라지고 혈당량이 증가한다. 심장 박동이 빨라지면 포도당과 산소를 근육 세포에 빨리 전달할 수 있어서 위급한 상황에서 더 신속하게 대처할 수 있게 된다.



그림 Ⅶ-38 아드레날린의 분비_ 스트레스 호르몬의 일종으로서, 스트레스를 받으면 뇌와 뼈대 근육 부분의 혈관을 확장시켜 근육이 스트레스에 잘 대처하도록 한다.

**과학 자료실** 호르몬의 발견

실험 1: 산성 음식물

실험 2: 십이지장 안쪽 벽면, 추출한 화학 물질, 혈관

베일리스와 스탈링의 실험

호르몬은 영국의 생리학자인 베일리스(Bayliss, W. M. ; 1860~1924)와 스탈링(Starling, E. H. ; 1866~1927)에 의해 1902년 세상에 처음 알려졌다. 당시에는 몸에서 일어나는 모든 정보 전달은 신경계를 통해서만 일어난다고 알려져 있었다.

베일리스와 스탈링도 당연히 이자에서 십이지장으로 분비되는 이자액이 신경계를 통해 조절될 것이라고 생각하였다. 그래서 그들은 개의 이자에 연결된 신경을 모두 잘라 보았다. 그러나 십이지장으로 음식물이 들어오면 신경이 절단된 개에서도 이자액이 분비되었다(실험 1).

베일리스와 스탈링은 신경계와는 다른 신호 전달 체계가 있을 것으로 추측하였으며, 화학적 전달 물질에 관심을 갖기 시작하였다. 그들은 십이지장 벽에서 분비되는 화학 물질이 있을 것이라고 생각하고, 개의 십이지장 안쪽 벽면을 잘라 내어 화학 물질을 추출하였다. 이 화학 물질을 개의 혈관에 주사하였더니 음식물을 먹지 않은 개의 십이지장 벽에서도 이자액이 분비되었다(실험 2).

베일리스와 스탈링은 음식물이 십이지장을 자극하면, 화학 물질이 혈액을 통해 이자로 전달되어 이자액을 분비하는 샘을 작동시킨다고 결론을 내렸다. 두 사람은 이 화학 물질을 분비한다는 뜻의 '세크레틴'이라고 이름을 붙였다.

**자기 주도 학습**

개념 확인하기

❶ 우리 몸에서 호르몬을 분비하는 내분비샘의 이름을 써 보자.

❷ 아드레날린이 분비되는 장소와 하는 일을 써 보자.

생활 속 문제 해결하기

일반적으로 여자가 남자보다 신체의 발육이 빨리 시작되지만, 청소년기가 지나면 남자가 여자보다 대체로 키가 크다. 그 이유를 호르몬과 관련지어 조사해 보자.

3. 호르몬 393

## 자·기·주·도·학·습

▶ 개념 확인하기

❶ 뇌하수체, 갑상샘, 이자, 부신, 정소, 난소 등이 있다.

❷ 부신. 간이나 근육에 저장된 글리코젠을 포도당으로 분해하여 혈당량을 증가시키고, 심장 박동을 빠르게 하며, 혈압을 상승시킨다.

▶ 생활 속 문제 해결하기

사춘기에 접어들면 성호르몬의 분비가 증가한다. 성호르몬은 성적인 성숙 이외에도 성장 호르몬의 분비를 촉진하는 작용을 한다.

여자의 경우에는 사춘기에 접어들면 여성 호르몬인 에스트로겐이 분비되면서 뼈가 갑자기 생장하게 된다. 남자의 경우에는 성호르몬에 의한 생장이 여자보다 약간 늦다. 그러나 뼈를 튼튼하게 하는 작용은 남성 호르몬이 여성 호르몬보다 훨씬 강하기 때문에 남자의 뼈 생장은 오랜 시간 계속된다.

그 밖에도 성호르몬은 성장 호르몬의 분비를 촉진하면서도 생장판의 성숙을 촉진하여 키가 더 이상 자라지 않게 하기도 한다. 따라서 남자가 여자보다 사춘기가 늦고 생장판이 닫히는 시기가 늦기 때문에 키가 더 클 수 있다.

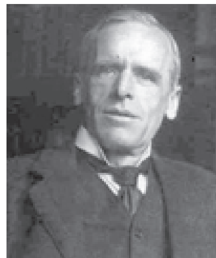
## 학습 자료실

### ❀ 호르몬의 발견－세크레틴

세크레틴은 1902년 베일리스(Bayliss, W. M.)와 스탈링(Starling, E. H.)에 의해 추출되어 처음으로 호르몬이라고 불린 물질이다. 십이지장 점막에서 분비되어 이자액이나 쓸개즙의 분비를 촉진시키는 단백질 호르몬으로서, 위액으로 인해 십이지장의 내부가 산성이 되었을 때 혈액 속으로 분비되며, 이자에 도달하면 이자액의 분비를 촉진시킨다.



베일리스



스탈링

즉, 위에서 산성의 내용물이 십이지장으로 내려와 점막을 자극하면 세크레틴이 나오게 되고, 이 세크레틴으로 인해 염기성인 이자액의 분비가 촉진되는 것이다. 결국 산성의 내용물이 내려와도 십이지장은 중화가 되어 상하지 않게 된다. 이와 같은 메커니즘으로 십이지장에서의 소화 기능이 조절되고 유지된다.

### 참고 자료 호르몬과 종 특이성

과거에는 호르몬이 생물종에 대한 특이성이 없다고 생각하였다. 즉, 소의 호르몬이 개구리의 호르몬과 같은 것이라고 생각하였다. 그러나 이것은 비교적 분자량이 작은 호르몬의 경우에는 해당되지만, 분자량이 큰 호르몬에는 해당되지 않는다.

소의 성장 호르몬은 올챙이의 생장은 촉진하지만, 사람에는 효력이 없어 기본적으로는 종 특이성이 있다고 볼 수 있다.

# 3-2 항상성 유지

## | 학습 내용 안내 |

(1) 신경계와 호르몬의 상호 작용에 의해 혈당량이 조절되는 과정을 안다.

(2) 호르몬의 분비량이 조절되는 과정을 이해한다.

(3) 호르몬의 분비 이상으로 인해 생기는 호르몬 과다증과 호르몬 결핍증에 대하여 이해한다.

## | 학습 전개 |

도입 글을 통해 우리 몸의 생리 작용이 어떻게 조절되는지 생각하게 한다.

↓

호르몬이 어떤 과정을 거쳐 혈당량을 조절하는지 그림을 보고 정리하게 한다.

↓

티록신과 같은 호르몬이 어떤 과정을 거쳐 분비량이 조절되는지 그림을 보고 정리하게 한다.

↓

호르몬의 분비량에 이상이 있는 경우 어떤 질병이 생길 수 있는지 토의하여 발표하게 한다.



# 3-2 항상성 유지


학습 목표

- 혈당량과 호르몬의 분비 조절 과정을 설명할 수 있다.
- 호르몬 이상으로 생기는 질병을 말할 수 있다.

우리 몸은 환경이 변하더라도 몸 안의 혈당량, 체온, 수분량 등을 항상 일정하게 유지하려고 하는데, 이를 항상성이라고 한다. 항상성은 어떻게 유지될까?



O월 O일 O요일 날씨 맑음

아빠와 오랜만에 등산을 하였다.
나는 아빠와 누가 먼저 정상에 오르는지 내기를 하며 열심히 올라갔다.
겨울이 다가와서인지 산의 공기가 약간 쌀쌀하였다.
"아, 추워." 나도 모르게 몸이 조금 떨리는 느낌이었다.
한눈을 파는 사이 아빠가 앞서 가셨다.
'내가 뒤질 수는 없지!' 빠른 걸음으로 아빠를 쫓아갔다.
심장 소리가 요란하게 들리면서 몸이 더워졌다. 이마에 땀이 송골송골 맺혔다.
아침을 조금 먹고 등산을 하니 올라가는 내내 배도 고팠다.
정상으로 가는 중간에 약수터가 나왔다. 땀을 많이 흘린 탓인지 목이 말랐다.
아빠가 시원한 약수를 건네주셨다.
"아, 이제 살 것 같다."
주변을 둘러보니 이른 아침인데도 많은 사람들이 산을 오르고 있었다.
'물을 너무 많이 마셨나?' 산을 내려오는데 화장실을 두 번이나 다녀왔다.
오랜만에 맑은 공기를 마실 수 있어서 상쾌하였다.







### ❀ 항상성

생물체가 주변 환경의 변화 속에서 체내의 생리적 상태를 안정된 범위 내로 유지하여 개체로서의 생존을 유지하는 성질을 말하며, 주로 자율 신경계와 내분비계의 작용에 의해서 조절된다.

### ❀ 혈당량 조절

혈액 100 mL당 포함되어 있는 포도당의 양을 혈당량이라고 하는데, 혈액 중 혈당량이 항상 일정하게 유지되어야 안정된 생명 활동을 유지할 수 있다. 정상인의 경우 혈당량은 0.1 %(100 mg/100 mL)로 농도가 항상 일정하게 유지되며, 조절 중추는 간뇌의 시상 하부이다. 혈당량의 조절은 음성 되먹임 작용을 통하여 이루어지는데, 인슐린, 글루카곤, 당질 코르티코이드 등과 같은 호르몬과 자율 신경에 의해 조절된다.

(1) **혈당량이 높을 때** 간뇌의 시상 하부 → 이자에서 인슐린 분비 촉진 → 간에서 포도당이 글리코젠으로 합성되도록 촉진 → 혈당량 감소

(2) **혈당량이 낮을 때** 간뇌의 시상 하부 → 이자에서 글루카곤, 부신에서 아드레날린 분비 촉진 → 간에서 글리코젠이 포도당으로 분해되도록 촉진 → 혈당량 증가

찾아보기

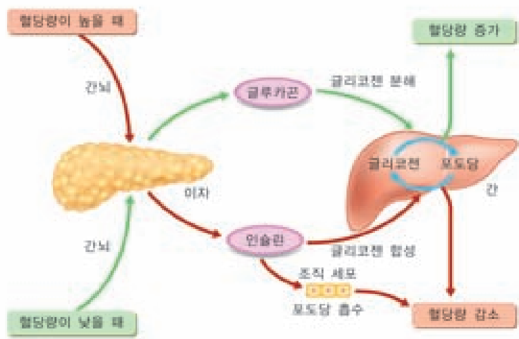

- 생리학(2008), STUART IRA FOX 저, 박인국 역, 라이프사이언스,
- 인체 생리학(2012), CINDY L STANFIELD 저, 김옥용 역, 바이오사이언스
- 생각하는 뇌(2004), 레베카 트레이시 저, 윤소영 역, 대교 출판
- 인체 생리학(2011), LAURALEE SHERWOOD 저, 강영숙 외 2역, 라이프사이언스

## 신경계와 호르몬에 의한 조절

사람의 혈액에는 약 0.1 %의 포도당이 포함되어 있다. 혈액 속에 포함되어 있는 포도당의 양을 **혈당량**이라고 한다. 포도당은 에너지원으로 혈액 내에서 일정한 농도로 유지되어야 한다. 혈당량은 어떻게 조절되는 것일까?

**시상 하부** 뇌하수체 바로 위에 있으며, 자율 신경계를 조절하는 중추이다. 체온, 삼투압, 혈당량 등을 조절하고 뇌하수체를 지배하여 뇌하수체의 호르몬 분비를 조절한다.

**글리코젠** 동물의 간이나 근육에 저장되어 있는 다당류이다.




❸ 그림 Ⅶ-39 인슐린과 글루카곤에 의한 혈당량 조절

혈당량은 신경계와 호르몬의 상호 작용에 의해 조절된다.

등산과 같이 몸을 움직이는 운동을 하면 에너지원인 포도당이 소모되기 때문에 혈당량이 낮아진다. 이때 간뇌의 시상 하부가 이를 인식하면 교감 신경이 흥분하여 이자에서 글루카곤이 분비된다. 분비된 글루카곤이 간에 작용하면 글리코젠이 포도당으로 분해되어 혈액으로 공급되므로 혈당량이 다시 증가한다.

반대로 음식을 먹으면 혈당량이 올라간다. 이때 시상 하부가 부교감 신경을 흥분시켜 이자에서 인슐린이 분비된다. 인슐린은 간에 작용하여 포도당을 글리코젠으로 합성하고, 조직 세포의 포도당 흡수를 촉진시켜 혈당량을 낮춘다.

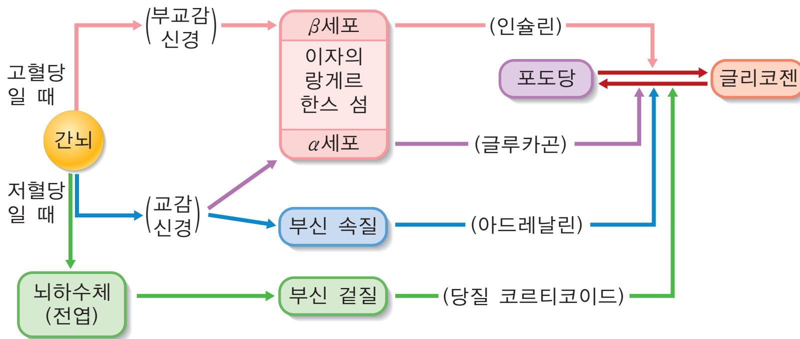
인슐린과 글루카곤은 혈당량을 서로 반대 방향으로 조절하여 혈당량을 정상으로 유지하는데, 이러한 현상을 **길항 작용**이라고 한다. 교감 신경과 부교감 신경도 서로 길항 작용을 한다.

한편, 이자에서 인슐린이 제대로 분비되지 않거나 제 기능을 하지 못하면 혈당량이 정상 수치보다 증가하게 된다. 이러한 상태가 지속되면 소변에 포도당이 섞여 나오게 되는데, 이를 **당뇨병**이라고 한다. 당뇨가 있는 사람은 지속적으로 인슐린 주사를 맞거나 식이 요법 등으로 혈당량을 조절해야 한다.



❸ 그림 Ⅶ-40 인슐린 투여 장치_ 내장된 혈당 체크기를 통해 체내에 지속적으로 인슐린을 투여하는 장치로서, 주사를 맞는 불편함을 줄여 준다.

3. 호르몬 395




❷ 우리 몸의 혈당량 조절 과정

### ❀ 길항 작용

어떤 현상에 두 가지 요인이 동시에 작용할 때 서로 그 효과를 소멸시키는 현상을 가리킨다. 이때 두 가지 요인 사이에는 길항 작용이 있다고 하며, 이 요인들을 서로 길항 요인이라고 한다. 생물체에서의 길항 요인으로는 호르몬, 체내에서 생성되는 물질, 체외에서 투여되는 물질이나 약제, 기관의 작용, 신경의 작용 등이 있다.




### ❀ 당뇨병

당뇨병이란 혈당을 조절하지 못하여 혈당량이 정상보다 높은 경우를 말하는데, 콩팥에서 포도당의 재흡수 능력이 초과되어 포도당이 오줌에 섞여 나오게 된다. 혈당 검사는 전날 밤에 금식을 한 후에 측정하며, 혈당이 70 mg/100 mL~100 mg/100 mL인 경우는 정상, 혈당이 125 mg/100 mL을 초과하면 당뇨병으로 진단한다.

당뇨병의 초기 증상은 소변을 자주 보고(다뇨), 그로 인한 탈수 현상으로 물을 많이 마시게 되고(다음), 허기를 느껴 음식을 많이 먹게 되지만(다식), 체중은 오히려 감소하는 것 등이 있다.

### ❀ 글리코젠

동물의 체내에 저장되는 다당류로서, $\alpha$-글루칸의 일종이다. 글리코젠과 비슷한 물질은 하등 생물(균류, 효모, 세균류)에서도 발견되고, 고등 식물에서는 옥수수의 종자에서 볼 수 있다.

동물에서는 거의 모든 세포에 과립 상태, 즉 글리코젠 과립으로 존재하는데, 특히 간(5~10 %)이나 근육(1~2 %)에 많다. 근육의 글리코젠은 근육 수축의 에너지원이고, 간의 글리코젠은 공복 상태일 때 혈당 유지를 위해 사용된다.

### ❀ 시상 하부

시상 하부는 뇌하수체 바로 위에 있고 땅콩 정도의 크기이며, 좌우 한쌍으로 이루어져 있다. 시상 하부는 자율 신경계의 교감 신경과 부교감 신경의 균형을 조절하고, 뇌하수체의 호르몬 분비를 촉진하거나 억제함으로써 내분비계를 통제한다. 또한 추울 때 몸을 떨게 한다거나 더울 때 땀을 배출하는 등 감각 신호에 반응하여 체성 운동 반응을 일으킨다. 또한 섭식 행동과 음수 행동, 수면 등의 본능적 행동과 분노, 불안 등의 감정적인 행동의 중추이다.




### ❀ 갑상샘

사람의 몸에서 호르몬을 분비하는 내분비샘 중 가장 크며, 갑상샘 호르몬을 만들어 몸의 기능을 적절하게 유지하는 일을 하는 중요한 기관이다.

갑상샘은 기도 주위를 나비 모양으로 둘러싸고 있으며, 한쪽 날개의 크기는 너비 1~2 cm, 두께 2~3 cm, 높이 5 cm 정도이고, 무게는 모두 합하여 15~20 g 정도이다. 보통은 근육으로 둘러싸여 있어서 겉으로 봐서는 볼 수 없고 거의 만져지지 않는다. 뒤쪽으로 부갑상샘이 좌우 두 개씩 모두 네 개가 붙어 있다.

갑상샘에서 발생하는 대표적인 질환으로는 갑상샘 항진증과 갑상샘 저하증, 갑상샘 결절 등이 있다.

### ❀ 티록신과 아이오딘

티록신은 갑상샘에서 분비되는 호르몬으로서, 혈중 농도는 보통 4.5~11 $\mu$g/100 mL이다. 티록신의 주된 기능은 산소의 소비를 자극하여 체내의 물질대사를 촉진함으로써 모든 세포에서 열과 에너지를 생산하고 체온을 조절하는 것이다. 아이오딘은 갑상샘 호르몬인 티록신을 만드는 데 필요한 성분으로서, 심장과 혈관 활동, 체온 조절, 물질대사를 증진시키는 작용을 한다. 우리 몸에 있는 아이오딘의 65 % 정도가 티록신에 포함되어 있다.

### ❀ 갑상샘 기능 검사

단백질과 결합한 아이오딘을 '단백질 결합 아이오딘(protein-bound iodine)' 이라고 하는데, 그 양을 측정함으로써 갑상샘의 기능을 어느 정도 추정할 수 있다. 아이오딘은 거의 100 %가 소화관에서 흡수되어 혈액 속으로 들어가며, 갑상샘에 흡수되고 남은 극소량이 소변으로 배설된다. 따라서 방사성 동위원소인 아이오딘을 사용하여 갑상샘 기능 검사를 한다. 정상적인 경우에는 24시간 후에 10~40 %가 갑상샘에 흡수된다.

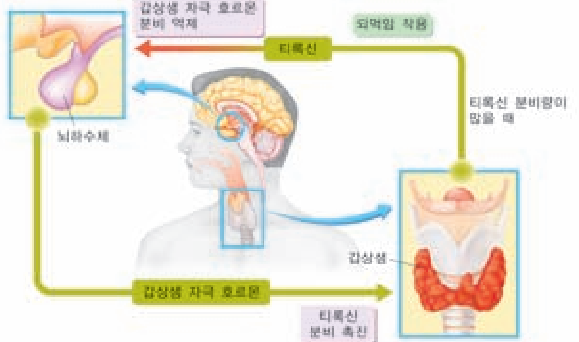
**호르몬의 분비량 조절**

호르몬은 아주 적은 양으로 몸의 기능을 조절하기 때문에 분비되는 양이 많거나 적으면 몸에 이상이 생길 수 있다. 따라서 호르몬의 양은 매우 정교하게 조절되어야 한다. 호르몬이 분비되는 양은 어떻게 조절될까?

난방기가 실내 온도를 조절하는 경우를 생각해 보자. 실내 온도가 난방기의 설정 온도보다 높아지면 난방기가 자동으로 꺼져서 실내 온도가 더 이상 높아지지 않는다. 우리 몸에서도 같은 원리로 호르몬의 분비량이 조절된다.



❸ 그림 Ⅶ-41 난방기. 온도 조절 장치가 있어 실내 온도를 일정하게 유지한다.




❸ 그림 Ⅶ-42 티록신의 분비량 조절 과정

갑상샘에서 분비되는 티록신은 갑상샘 자극 호르몬에 의해 분비량이 조절된다. 즉, 갑상샘 자극 호르몬이 뇌하수체에서 분비되면 갑상샘은 자극을 받아 티록신을 분비하기 시작한다. 혈액 속에 티록신의 양이 필요한 양보다 많아지면 간뇌의 시상 하부와 뇌하수체의 기능이 억제된다. 그러면 갑상샘 자극 호르몬의 분비량이 줄어들고, 그 결과 갑상샘에서 분비되는 티록신의 양이 줄어든다.

이처럼 호르몬의 양이 필요 이상으로 많거나 적어지면 호르몬의 분비를 억제하거나 촉진시켜 일정한 수준을 유지하는데, 이를 **되먹임 작용**이라고 한다.

되먹임 작용에 의해 혈액 속에 티록신의 양이 줄어들어 시상 하부와 뇌하수체의 억제 상태가 풀리면 갑상샘 자극 호르몬의 분비량이 증가하고, 그 결과 갑상샘에서 분비되는 티록신의 양은 다시 많아진다. 이런 과정을 거쳐 혈액 속의 티록신의 양은 항상 일정하게 유지된다.

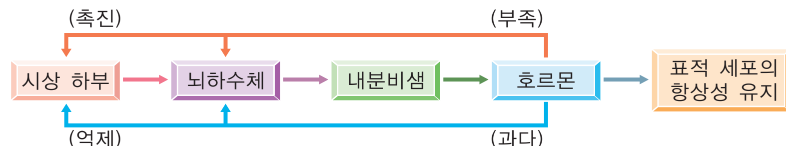
생각 넓히기 혈액 속 티록신의 양이 줄어들면 분비량이 증가하는 호르몬은 무엇인가?

396 Ⅶ. 자극과 반응




### ❀ 되먹임 작용

어떤 변화가 일어날 때 그 결과가 원인에 다시 영향을 미치는 현상으로서, 음성 되먹임 작용(결과가 원인을 억제하는 것)과 양성 되먹임 작용(결과가 원인을 촉진하는 것)이 있다.




❸ 우리 몸의 되먹임 작용 과정

### ❀ 티록신의 분비량 조절

티록신의 혈중 농도가 낮으면 시상 하부에서 갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬을 분비하고, 이 물질이 뇌하수체 전엽을 자극하면 갑상샘 자극 호르몬의 분비가 촉진되어 갑상샘에서 티록신의 합성과 분비가 촉진된다. 그 결과 혈액 중에 티록신이 많아지면 시상 하부에서 갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬이 분비되지 않기 때문에 갑상샘도 티록신을 분비하지 않는다.

**호르몬 분비 이상**

내분비샘에 문제가 생기면 호르몬이 지나치게 많이 분비되거나 적게 분비될 수도 있다. 이러한 경우 호르몬 과다증이나 호르몬 감소증이 나타나 몸의 기능이 제대로 조절되지 않는다.

성장 호르몬은 단백질을 합성하고, 뼈와 근육의 발육을 촉진한다. 어릴 때 성장 호르몬이 지나치게 많이 분비되면 몸의 생장이 너무 빨라져 **거인증**이 되고, 부족하면 생장이 느려져 **난쟁이증**이 된다. 성인이 된 이후에도 성장 호르몬이 많이 분비되면 손이나 발, 턱이나 귀 등과 같은 말단 부분이 비정상적으로 자라는 **말단 비대증**이 된다.



그림 Ⅶ-43 말단 비대증 사람의 손(왼쪽)과 정상인의 손(오른쪽)



그림 Ⅶ-44 난쟁이증과 거인증

**이미지 사이언스 세상에서 가장 키가 큰 사람**

인류 역사상 가장 키가 큰 사람은 미국 일리노이 주 출신의 로버트 워드로(Wadlow, R. P. : 1918~1940)이다. 그는 22세의 어린 나이에 사망했는데, 사망 당시 그의 키는 268 cm, 몸무게는 199 kg, 발 길이는 47 cm였다고 한다. 더 놀라운 것은 사망하기 전까지도 그의 키는 계속 자라고 있었다고 한다.

로버트 워드로의 키는 매우 큰 편이었지만 그의 가족은 정상적이었다. 심지어 그의 어머니는 평균 키보다 작았다고 한다. 3.85 kg의 평범한 아기로 태어난 로버트 워드로는 뇌에 이상이 생겨 뇌수술을 받았다. 그때부터 성장 호르몬이 과다 분비되기 시작하였고, 생후 4개월부터는 매우 빠른 속도로 자라기 시작하였다.

로버트 워드로의 사망 원인은 거인증이 아닌 염증 때문이었다. 오른쪽 발목에 급힌 상처가 악화되어 염증이 심해졌고, 고열에 시달리다가 1940년에 생을 마감하였다.




3. 호르몬 397

**잠깐 체크**

갑상샘 자극 호르몬_ 간뇌의 시상 하부는 티록신의 혈중 농도를 감지한다. 만약 티록신이 부족하면 이곳에서 갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬이 분비되고, 이 호르몬은 뇌하수체 전엽을 자극하여 갑상샘 자극 호르몬의 분비를 촉진시킨다.

## 관련 지식

### 말단 비대증

말단 비대증이란 성장 호르몬이 과잉 분비되어 신체 말단의 뼈가 과도하게 자라는 것으로, 손이나 발, 코, 턱, 입술 등이 비대해지는 질환이다. 말단 비대증의 원인으로는 뇌하수체 종양이 가장 흔하며, 이 종양으로 인해 성장 호르몬이 과다하게 분비되어 말단 비대증이 발생한다. 말단 비대증의 경우 앞이마와 턱이 튀어나오며, 손과 발의 크기가 커져 장갑이나 신발 등이 맞지 않게 되고, 이의 부정 교합 등으로 인한 특징적인 얼굴 모습이 나타난다. 이러한 변화는 서서히 일어나기 때문에 그 변화를 알아차리는 것이 쉽지 않다.

### 세상에서 가장 키가 큰 사람

2011년 3월 기네스북을 기준으로 현존하는 사람 중 세계에서 가장 큰 키를 가진 사람은 터키 출신의 술탄 코센이라는 청년이다. 2009년에 기네스북에 등재되었을 당시 신장은 248.9 cm이었다. 그는 세계에서 가장 큰 손(27.5 cm)과 세계에서 가장 큰 발(36.5 cm)을 가져서 세 가지 부분에 걸쳐 기네스에 등재되어 있다.

술탄 코센은 성장 호르몬 분비가 멈추지 않는 병에 걸려서 어릴 때부터 유난히 키가 컸다고 한다.



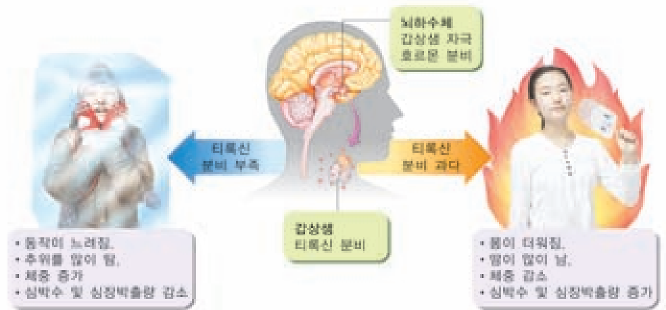
술탄 코센

**참고 자료 성장 호르몬**

성장 호르몬은 생장에 관여하는 호르몬으로서, 뇌하수체 전엽의 $\alpha$세포에서 분비되고 뼈에 작용한다. 성장 호르몬은 대사 조절의 주요 물질로서, 갑상샘 호르몬, 인슐린, 부신 겉질 호르몬, 성호르몬 등의 호르몬과 협조적 또는 길항적으로 작용하며, 당과 아미노산의 대사에도 관여한다.

성장 호르몬은 간에 작용하여 인슐린 유사 성장 인자를 분비시키고, 인슐린 유사 성장 인자는 혈액을 통해 순환하면서 생장판을 자극하여 뼈와 연골의 생장을 촉진한다.

인슐린 유사 성장 인자가 없으면 미성숙한 뼈는 생장을 멈춘다. 성장 호르몬의 정상 혈중 농도는 성인에서는 1.5~3 $\mu$g/mL 정도이고, 소아 및 청소년기에는 6 $\mu$g/mL 정도이다. 소아기에 성장 호르몬이 과다 분비되면 거인증이 되고, 생장판이 닫힌 이후에 과다 분비 되면 말단 비대증이 된다. 반대로 성장기에 성장 호르몬의 분비가 충분하지 못하면 난쟁이증에 걸리게 된다. 호르몬의 분비는 2차 성징이 왔을 때 정점에 다다르고 생장이 멈춘 후 점차 감소한다.




❸ 그림 Ⅶ-45 갑상샘 호르몬의 분비 이상

호르몬의 분비 이상으로 유난히 추위를 많이 타거나 더위를 많이 타는 사람이 있다. 갑상샘에서 분비되는 티록신의 양이 조절되지 못하면 대사량이 지나치게 증가하거나 감소한다.

갑상샘 기능이 지나치게 왕성하여 티록신이 과다 분비되는 경우 갑상샘 항진증에 걸릴 수 있다. 반대로 갑상샘 기능이 저하되어 티록신의 분비량이 적어지는 경우 갑상샘 저하증에 걸릴 수 있다.

티록신의 성분인 아이오딘이 부족하면 갑상샘이 비정상적으로 커지는데, 이를 **갑상샘종**이라고 한다. 갑상샘종은 갑상샘 자극 호르몬이 많이 분비되어 갑상샘을 지나치게 자극하기 때문에 생긴다. 갑상샘종은 과거에 아이오딘이 많이 함유된 미역이나 다시마와 같은 해조류를 먹기 힘든 내륙 지방 사람에게서 많이 발견되었다.

호르몬 결핍증은 호르몬을 투여하면 어느 정도 치료가 가능하다. 당뇨가 있는 사람에게 인슐린을 투여하는 것처럼 난쟁이증 사람에게는 성장 호르몬을, 갑상샘 저하증인 사람에게는 티록신을 투여한다.



❸ 그림 Ⅶ-46 갑상샘종

생각해보기 호르몬의 과다 분비로 생기는 질병에는 어떤 것들이 있는가?

**자기 주도 학습**

**개념 확인하기**

❶ 우리 몸에서 항상성이 조절되는 예를 세 가지 말해 보자.

❷ 갑상샘 항진증이 생기는 이유는 무엇인가?

**생활 속 문제 해결하기**

밤에 충분히 잠을 자지 못하면 몸이 피곤할 뿐만 아니라 키가 잘 자라지 않는다. 숙면과 키는 어떤 관계가 있는지 호르몬과 관련지어 조사해 보자.



## 자·기·주·도·학·습

### ▶ 개념 확인하기

❶ 혈당량 조절, 체내 수분량 조절, 체온 조절 등이 있다.

❷ 갑상샘 자극 호르몬이 과다 분비되어 갑상샘 기능이 지나치게 왕성해지기 때문이다._ 갑상샘 항진증의 가장 흔한 병은 바제도병이다. 갑상샘에 대한 자가 항체가 갑상샘 자극 호르몬이 결합하는 부위에 결합하면서 갑상샘을 자극하게 되고, 그 결과 갑상샘 호르몬이 과다 분비된다. 이 밖에도 갑상샘에 양성 종양이나 악성 종양이 발생하여 갑상샘 항진증이 나타날 수도 있다.

### ▶ 생활 속 문제 해결하기

충분한 숙면이 이루어져야 키가 제대로 자랄 수 있다. 성장 호르몬은 대부분 잠자는 동안 뇌하수체에서 분비되며, 밤 10시에서 새벽 2시 사이의 숙면 상태에서 가장 많이 분비된다. 따라서 숙면을 취하지 못하면 상대적으로 성장 호르몬 분비량이 적기 때문에 키가 잘 자라지 않는다.

### 참고 자료 체온의 조절

체온 조절의 최고 중추는 간뇌의 시상 하부로 체온이 낮을 경우에는 교감 신경이 작용하여 입모근을 수축시키고 모세 혈관을 수축시켜 혈관을 지나는 혈액의 양을 줄임으로써 피부를 통해 열이 손실되는 것을 억제한다. 또 교감 신경이 부신 속질을 자극하여 아드레날린이 분비되면 세포의 포도당 분해가 촉진되어 열이 발생된다.

그 밖에도 간뇌는 뇌하수체를 자극하여 갑상샘에서 티록신이 분비되도록 하며, 부신 겉질을 자극하여 코르티솔 분비를 촉진시켜서 혈당량과 세포의 대사율을 증가시키기 때문에 결과적으로 열이 많이 발생하게 된다.




### 호르몬의 과다증과 결핍증

| 분비 장소 | 호르몬 | 과다증 | 결핍증 |
|---|---|---|---|
| 뇌하수체 | 성장 호르몬 | 거인증, 말단 비대증 | 난쟁이증 |
| | 항이뇨 호르몬 | – | 요붕증 |
| | 갑상샘 자극 호르몬 | 갑상샘종 | 갑상샘 저하증 |
| 갑상샘 | 티록신 | 바제도병 | 크레틴병 |
| 부갑상샘 | 부갑상샘 호르몬 | 섬유성 골염 | 테타니병 |
| 이자 | 인슐린 | – | 당뇨병 |
| | 글루카곤 | 당뇨병 | – |
| 부신 | 무기질 코르티코이드 | 에디슨병 | – |
| 정소 | 테스토스테론 | – | – |
| 난소 | 에스트로겐 | – | – |



STEAM 융합

# 스테로이드 호르몬의 부작용

올림픽과 같이 스포츠 정신이나 아마추어리즘을 강조하는 경기에서는 엄격한 도핑 테스트를 통해 스테로이드의 복용을 규제하고 있다. 하지만 프로 경기에서는 선수들 개개인을 일일이 통제하지 않는다. 각자의 양심에 맡기는 것이다. 하지만 가끔씩 터져 나오는 약물 복용 스캔들은 스포츠를 좋아하는 사람들의 눈살을 찌푸리게 한다.

아나볼릭 스테로이드는 테스토스테론 같은 성호르몬을 합성하여 만든 호르몬이다. 이 호르몬은 남성 호르몬과 비슷한 작용을 하는데, 근육을 발달시키고 근력을 향상시킨다. 아나볼릭 스테로이드는 남성 호르몬이 부족하거나 근육이 위축되는 환자를 치료할 목적으로 개발되었다. 그러나 지금은 강한 힘을 요구하는 스포츠 현장에서 남용되고 있다. 1988년 서울 올림픽 육상 100 m 경기에서 금메달을 땄던 선수도 이 호르몬을 복용한 것으로 밝혀져 메달을 박탈당하였다.

최근에는 신체 발달을 촉진할 목적으로 일반인들도 무분별하게 사용하면서 사회적으로 큰 문제가 되고 있다. 이런 호르몬을 이용해서 효과를 보려면 오랜 시간 동안 복용해야 하기 때문에 그만큼 후유증도 심각하다.

아나볼릭 스테로이드의 부작용은 여드름에서부터 간암, 심장 마비에 이르기까지 다양하다. 특히 간과 심장, 생식 기관에 심각한 영향을 미친다. 남성의 경우는 여성화를 초래할 수 있다. 몸속에 과도한 아나볼릭 스테로이드가 들어오면 우리 몸은 남성 호르몬이 충분히 만들어진 것으로 오해하고 남성 호르몬 생산을 중단한다. 그래서 남성 호르몬이 부족해져서 여성화가 되는 것이다. 여성의 경우는 불임이 되거나 근육이 남성화되기도 한다. 그리고 마약처럼 한번 복용하면 끊기도 힘들다.

한창 생장 중인 청소년들이 스테로이드 호르몬을 사용하는 것은 매우 위험하다. 청소년기에 스테로이드를 남용하면 조기에 생장이 멈출 수 있다. 청소년기에 분비량이 증가하는 성호르몬과 생장 호르몬은 몸의 발육을 빨라지게 한다. 그러다가 호르몬 수치가 적정한 양에 도달하면 인체는 생장을 중지하라는 신호를 보내게 되고 성인이 되면 생장이 중지된다. 청소년기에 스테로이드 호르몬을 복용하면 호르몬 수치가 매우 높아진다. 따라서 생장을 중지하라는 신호가 너무 빠른 시기에 전달되기 때문에 일반적인 경우보다 생장이 빨리 멈출 수 있다.





### ❀ 호르몬의 과다증 및 결핍증의 증상

(1) **거인증** 유년기에 성장 호르몬이 과다하게 분비되어 나타나는 증상으로, 인종과 환경 상태를 고려할 때 몸이 평균 키에 비해 비정상적으로 크다.

(2) **난쟁이증** 성장기 때 성장 호르몬 분비량이 적어 나타나는 증상으로, 키가 비정상적으로 작다.

(3) **요붕증** 뇌하수체에서 분비되는 항이뇨 호르몬이 부족하여 소변의 양이 비정상적으로 많아지는 질병이다. 요붕증에 걸리면 하루에 5 L 이상의 많은 소변을 본다.

(4) **갑상샘종** 갑상샘의 일부 또는 전체가 커지는 종양을 통틀어 말하며, 대개 목 앞이 두드러지게 불룩해진다. 갑상샘종이 생긴 경우에는 질식할 것 같은 느낌이 들기도 하며, 숨쉬는 것과 음식물을 삼키는 것이 어려워지기도 한다.

(5) **바제도병** 갑상샘 항진증의 대표적인 질환으로서, 특히 안구가 돌출되고 갑상샘종을 동반한다. 기초 대사량이 증가하여 식욕이 늘면서도 몸은 여위고, 가슴이 두근거리며, 땀이 나고 손이 떨리는 등의 증상이 나타나는데, 남자보다도 여자에게 많이 발생한다.

(6) **크레틴병** 태아기부터 갑상샘의 형성 부진이나 갑상샘 호르몬의 합성 장애 등과 같은 다양한 원인에 의해 갑상샘 기능이 저하되는 상태를 말한다. 조기에 발견하고 치료하지 않으면 갑상샘 호르몬이 부족하여 심각한 지능 저하 및 생장 발달 지연 등을 일으킨다.

**잠깐 체크**

거인증, 말단 비대증(성장 호르몬 과다 분비), 바제도병(티록신 과다 분비)

**융합 STEAM**

**효과적인 운영을 위한 Tip**

1 인터넷 검색창에서 '스테로이드 호르몬'을 키워드로 입력하면, 여러 가지 신문 기사들을 검색할 수 있다.

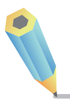
2 호르몬의 무분별한 사용이 인체에 어떤 부작용을 일으키는지 토의하게 하여 약물의 오용과 남용을 방지하도록 한다.

### ❀ 스테로이드 호르몬

콜레스테롤로부터 합성되는 스테로이드 호르몬은 세포막의 지질에 녹아서 표적 기관으로 쉽게 운반된 후 호르몬 작용을 발휘한다. 스테로이드 호르몬에는 성호르몬, 알도스테론, 부신 겉질 자극 호르몬이 있다.

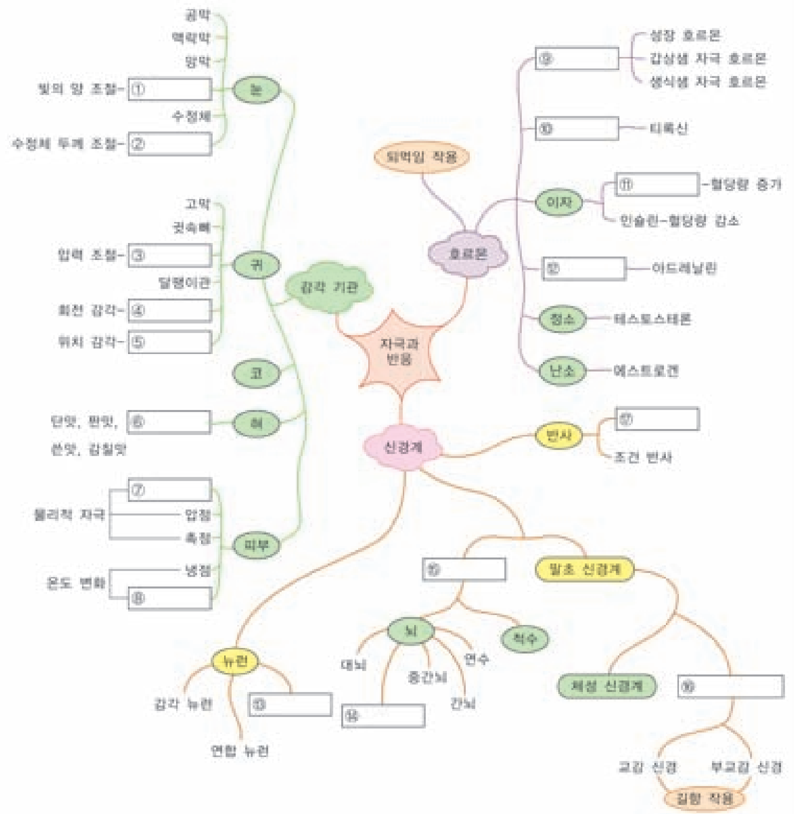
### ❀ 스테로이드 호르몬의 부작용

체내의 부신 겉질 자극 호르몬을 모방하여 합성한 호르몬은 현대 의학에서 여러 가지 질병을 치료하는 데 필요한 약물이다. 천식, 아토피, 두드러기, 습진과 같은 알레르기 질환에도 효과적이고 류머티즘, 루프스와 같은 자가 면역 질환에도 매우 효과적이다. 하지만 스테로이드 호르몬을 잘못 사용하면 혈당이 올라가서 당뇨병에 걸릴 수 있고, 면역력이 떨어지거나 골다공증을 유발하기도 한다. 또한 피부에 여드름과 같은 염증 질환이 자주 생긴다. 스테로이드 호르몬을 지속적으로 사용하면 부신은 스스로 호르몬을 만들지 않아도 되므로 부신의 작용이 감소하기 시작한다. 결국 부신 조직이 위축되고, 이런 상태에서 갑자기 스테로이드 호르몬의 사용을 중단하면 쇼크 현상이 일어나며, 심하면 사망에 이를 수도 있다.



# 대단원 마무리

VII. 자극과 반응




## 개념 정리하기

### 빈칸 채우기

① 홍채, ② 섬모체, ③ 귀인두관, ④ 반고리관, ⑤ 전정 기관, ⑥ 신맛, ⑦ 통점, ⑧ 온점, ⑨ 뇌하수체, ⑩ 갑상샘, ⑪ 글루카곤, ⑫ 부신, ⑬ 운동 뉴런, ⑭ 소뇌, ⑮ 중추 신경계, ⑯ 자율 신경계, ⑰ 무조건 반사

### 심화 학습 두통

두통을 이해하기 위해서는 뇌가 통증에 무감각하다는 사실과 두통은 신체의 한 부위에서 일어난 통증이 마치 다른 부위에서 일어난 것처럼 느끼는 연관통이라는 사실을 이해해야 한다.

두통은 연관통이다. 머리 표면이 아플 때도 통증을 실제로 일으키는 조직들은 다른 곳에 있다. 그러한 조직들은 두개골 내부나 외부에 있을 수 있다. 사람들은 눈의 피로나 전신의 피로로 두통으로 느낄 수 있다. 또 감정적인 스트레스나 뇌종양, 과다한 카페인 섭취, 또 카페인을 지나치게 섭취하다 갑자기 중단하는 경우에도 두통을 느낀다. 이처럼 두통을 느끼는 원인은 다양하다.

### 용어 설명

**부신** 양쪽 콩팥의 윗부분을 모자처럼 덮고 있는 내분비샘으로서, 부신 겉질과 부신 속질로 나뉘어진다. 부신 겉질은 부신 겉질 자극 호르몬에 의해 조절되며, 당질 코르티코이드(코르티솔)와 무기질 코르티코이드(알도스테론)를 분비한다. 부신 속질은 교감 신경에 의해 조절되며, 아드레날린(약 80 %)과 노르아드레날린(약 20 %)을 분비한다.

**아드레날린** 부신 속질에서 분비되는 호르몬으로서, 에피네프린이라고도 한다. 전기적인 자극에 의해 교감 신경의 말단에서 분비되어 근육에 자극을 전달한다.

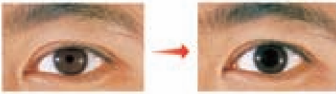
### 참고 자료 투명 인간은 맹인이다.

웰스가 1897년 발표한 소설 "투명 인간(The Invisible Man)"은 다른 사람의 눈에 보이지 않는 인간이라는 매력적인 소재로 단숨에 사람들을 사로잡았고, 100여 년 동안 인기를 누려 왔다. '투명 인간, 남들은 나를 볼 수 없지만 나는 남들을 볼 수 있다.'는 사실은 무척 매력적이다. 그러나 많은 과학자들은 여기에도 상대적인 논리가 적용된다고 주장한다. 즉, 남들이 나를 볼 수 없으면 나 역시 남들을 볼 수 없다는 것이다. 그것은 우리의 눈, 정확히 말하면 망막이라는 스크린 때문이다. 망막은 검은색인데, 이것은 망막에 맺힌 빛이 반사되어 망막의 다른 곳을 자극하지 않게 하기 위해서이다. 그런데 투명 인간은 망막도 투명하여 상이 맺힐 곳이 없기 때문에 앞을 볼 수 없게 된다.

영화 "할로우 맨"을 보면 투명 인간이 된 주인공 케인 박사가 나온다. 케인 박사는 "눈이 너무 부신데 눈을 감아도 소용이 없군. 눈꺼풀까지 투명해져서 말야."라고 말하면서도 모든 것을 다 보고 인식하는 것처럼 아무런 문제없이 돌아다닌다. 모든 것이 투명해졌다면, 눈이 부시다는 느낌은 가질지 몰라도 구체적인 상을 볼 수는 없는데 말이다.

## 개념 적용하기

**1** 사진은 어떤 자극에 대한 눈의 모양 변화를 나타낸 것이다.



눈의 모양이 위 그림과 같이 변하는 경우로 옳은 것은?

① 작은 글자를 돋보기로 확대해서 보았다.
② 글씨가 잘 보이지 않아 안경을 착용하였다.
③ 영화를 보기 위해 어두운 극장으로 들어갔다.
④ 책을 읽다가 눈이 침침해서 먼 산을 바라보았다.
⑤ 움직이는 물체를 보다가 멈춰 있는 물체를 보았다.

**2** 비행기가 이륙하거나 착륙을 할 때에는 귀가 먹먹해지는 느낌이 든다. 이때 하품을 하거나 침을 삼키면 이러한 증상이 사라진다. 그 이유를 귀의 구조와 관련지어 설명하시오.



**3** 코를 막고 음식을 먹으면 음식의 맛을 잘 느끼지 못한다. 그 이유로 옳은 것은?

① 피부 감각을 느끼지 못하기 때문이다.
② 미각 신경이 피로를 느끼기 때문이다.
③ 미각 신경이 기능을 못하기 때문이다.
④ 후각 세포와 맛세포가 마비되기 때문이다.
⑤ 맛은 여러 감각에 의해 복합적으로 느껴지기 때문이다.

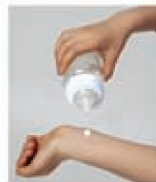
**4** 그림은 안과에서 진료를 받을 때 나누는 대화의 일부이다.



밑줄 그은 부분에 들어갈 말로 옳은 것은?

① 물체가 이중으로 보일 거예요.
② 거리감을 느끼기 어려울 거예요.
③ 글씨가 평소보다 작게 보일 거예요.
④ 물체의 색을 구분하기 힘들 거예요.
⑤ 물체의 초점을 맞추기 힘들 거예요.

**5** 신생아가 있는 집에서는 분유의 온도가 적당한지를 알아보기 위해서 팔에 분유를 떨어뜨려 본다. 이것은 팔에 있는 어떤 감각점을 이용하는 것인가?



**6** 교통사고로 A 부위에 가벼운 손상이 있는 사람에게서 나타나는 증상으로 옳은 것은?




① 심장 박동과 호흡이 정지한다.
② 추위를 느끼고 몸을 자주 떤다.
③ 말을 더듬고 감정의 기복이 심하다.
④ 몸의 중심을 잡지 못하고 비틀거린다.
⑤ 눈에 전등을 비추어도 동공의 변화가 없다.



## 개념 적용하기

**1** ③

[해설] 밝은 곳에서는 홍채의 면적이 늘어나 동공이 축소되고, 어두운 곳에서는 홍채의 면적이 줄어 동공이 확대된다.

**2** 귀인두관이 순간적으로 열리면서 고막 안쪽과 바깥쪽의 압력이 서로 같아지기 때문이다.

**3** ⑤

[해설] 맛은 미각 이외에도 후각, 시각, 촉각 등이 조합되어 느끼는 복합적인 것이다.

**4** ②

[해설] 두 눈이 있기 때문에 입체감과 거리감을 느낄 수 있다.

**5** 온점

[해설] 온점은 온각을 느끼는 감각점으로서, 온도가 상승하는 자극을 받아들인다.

**6** ④

[해설] 소뇌는 근육을 조절하여 몸의 균형을 유지하고, 미세한 동작을 조절한다.

### 과학 돋보기

### ❀ 오감 중 가장 빨리 나빠지는 감각

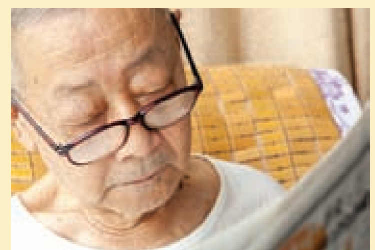
나이가 들면 가장 먼저 나빠지는 감각은 시각이다. 눈은 보통 13세부터 나빠지기 시작하는데, 문명이 발달할수록 눈이 나빠지는 시기도 점점 빨라지고 있다. 눈 다음으로 빨리 나빠지는 것은 청각이다. 청각은 15세부터 나빠지기 시작하고, 후각은 20세, 미각은 29세, 그리고 촉각은 보통 60세를 전후로 나빠지기 시작한다고 한다.

### 참고 자료 허로 냄새 맡는 뱀

뱀이 혀를 날름거리는 것은 사물의 위치를 파악하고 공기 중에 흩어져 있는 냄새를 맡기 위해서이다. 뱀의 입 속에는 야콥슨 기관이라는 것이 있는데, 이곳에 후각 신경의 말단이 많이 분포하고 있다. 따라서 뱀은 끝이 두 갈래로 갈라진 혀를 입 밖으로 뻗쳐 날름거리면서 공기 중에 있는 화학 물질(냄새)을 모아 야콥슨 기관으로 보낸다. 뱀의 혀가 두 갈래로 갈라진 것도 화학 물질을 좀 더 효과적으로 붙잡기 위해서이다.

### 심화 학습 노안 교정술

각막을 변형시키거나 인공 수정체를 삽입하여 노안을 교정하는 수술을 말한다. 백내장이 없이 노안만 있는 상태에서 노안을 교정하는 수술 방법에는 전도성 각막 성형술, 레이저 노안 교정술이 있고, 백내장이 노안과 함께 동반되어 있을 경우에 노안 교정 백내장 수술을 한다.



❸ 노안

## 개념 적용하기

**7** (1) A: 감각 뉴런, B: 연합 뉴런, C: 운동 뉴런
(2) 개미를 본다. → 자극을 전달한다. → 피하겠다는 판단을 한다. → 운동 명령을 전달한다. → 다리를 움직여 피한다.

**8** ③
[해설] 무릎 반사의 중추는 척수이다. 척수가 조절하는 반사에는 뜨거운 물체를 만졌을 때 손을 떼는 행동, 팔꿈치 반사, 배변, 배뇨 등이 있다.

**9** ㄱ, ㄹ
[해설] 호르몬은 내분비샘에서 분비되는 화학 물질로서, 분비관이 없어 혈관으로 직접 방출되며, 미량으로 생리 작용을 조절한다.

**10** A, 뇌하수체
[해설] 뇌하수체에서 성장 호르몬이 과다 분비되면 거인증이 된다.

**11** ⑤
[해설] 갑상샘에서 분비되는 호르몬인 티록신은 물질대사를 촉진한다.

**12** 동공을 축소시킨다, 심장 박동을 억제시킨다, 호흡을 느리게 한다, 소화 운동을 촉진시킨다 등

### 참고 자료 하품을 하는 이유

하품은 입을 크게 벌려 구강의 뒷부분인 인두 부분을 열어주는 행동이다. 이것은 부비동 공간을 확보하여 공기가 유입되게 함으로써 머리를 맑게 하려는 자율 신경의 작용이다. 즉, 하품은 부비동 공간을 확보하여 뇌의 각성과 휴식을 효과적으로 유도하는 자율 신경의 반사 작용이라고 할 수 있다.

주로 피곤할 때 하품을 하게 되는데, 하품이 자주 나오는 때가 있고 하품을 유난히 많이 하는 사람도 있다. 하품이 자주 나온다는 것은 당연히 부비동 공간이 많이 막혀 있음을 의미한다. 부비동 공간을 확보하면 하품은 줄어들 수 밖에 없다.

## 개념 적용하기

**7** 그림은 신경계에 의해 의식적인 반응이 일어나는 과정을 나타낸 것이다.




(1) 신경세포 A, B, C의 이름을 쓰시오.

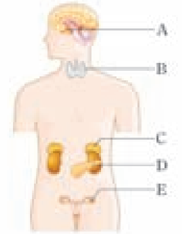
(2) 개미를 보고 피하는 행동을 하기까지의 경로를 쓰시오.

**8** 그림은 고무망치로 무릎을 가볍게 쳤을 때 일어나는 반사 운동을 나타낸 것이다. 이와 같은 반응과 반사 중추가 같은 것은?
① 졸려서 하품을 하였다.
② 눈으로 먼지가 들어와 눈을 감았다.
③ 뜨거운 냄비를 잡자마자 손을 떼었다.
④ 고추를 먹다가 갑자기 딸꾹질이 나왔다.
⑤ 날아오는 공을 보고 야구 방망이로 공을 쳐 냈다.

**9** 호르몬에 대한 설명으로 옳은 것을 〈보기〉에서 있는 대로 고르시오.

보기
ㄱ. 내분비샘에서 분비된다.
ㄴ. 분비관을 통해 혈액으로 분비된다.
ㄷ. 분비량이 많으면 저장 기관에 저장된다.
ㄹ. 미량으로 분비되어 생리 작용을 조절한다.

**10** 그림은 사람의 내분비샘을 나타낸 것이다.



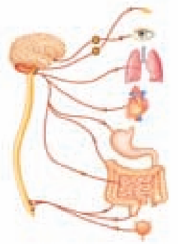

성장 호르몬이 과다 분비되어 거인증에 걸린 사람을 조사하였더니 어떤 내분비샘에 종양이 있었다. 종양이 생긴 내분비샘의 기호와 이름을 쓰시오.

**11** 그림은 사람의 내분비샘의 일부를 나타낸 것이다. 이곳에서 분비되는 호르몬의 작용으로 옳은 것은?



① 혈압을 상승시킨다.
② 뼈와 근육의 생장을 촉진한다.
③ 여자의 2차 성징을 발현시킨다.
④ 포도당을 글리코젠으로 합성한다.
⑤ 세포 호흡을 빠르게 하여 물질대사를 촉진한다.

**12** 그림은 자율 신경계 중 부교감 신경이 작용하는 조직이나 기관을 나타낸 것이다. 부교감 신경이 조절하는 작용 네 가지를 쓰시오.



402 Ⅶ. 자극과 반응

## 과학 돋보기

### 무릎 반사

무릎을 직각으로 굽히고 하체가 자유롭게 흔들리는 상태로 의자에 걸터앉아 무릎뼈(슬개골) 아래쪽 가장자리의 인대 부분을 고무가 달린 작은 망치로 가볍게 두들기면 다리가 앞쪽으로 튕겨 나가듯이 반사 작용이 일어나는 것을 무릎 반사라고 한다.

무릎 반사의 경우, 인대를 두들기는 자극에 의해 대퇴사두근이 순간적으로 신장되고 이에 대한 반응으로 이들 근육이 다시 수축을 하면서 다리를 차는 듯한 반응이 일어나는 것이다. 무릎 반사의 중추는 척수에 있다. 무릎 반사는 대뇌와 관계없이 일어나는 무조건 반사이므로 뇌사 상태에서도 일어날 수 있다. 무릎 반사의 이상은 중추 신경계의 손상을 진단하는 데 참고가 될 수 있다.



ⓐ 무릎 반사 실험

## 개념 응용하기

탐구력 기르기

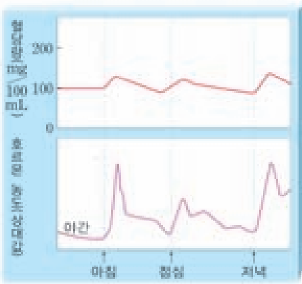
1) 양전자 단층 촬영 기술을 이용하면 여러 가지 활동을 할 때 뇌가 담당하는 부분을 알 수 있다. 그림에서 붉은색으로 표시된 부분은 뇌에서 활발하게 활동이 일어나는 곳이다.




그림을 통해 알 수 있는 사실을 한 가지만 쓰시오.

분석력 높이기

2) 하루 동안 혈당량과 어떤 호르몬의 농도 변화를 나타낸 그래프이다.




이 호르몬의 이름과 작용을 설명하시오.

창의·인성 키우기

3) 트릭 아트는 보는 사람의 시각에 착각을 일으켜 평면 그림을 입체로 보이도록 한 것이다.



우리 주변에서는 이와 같은 착시 현상을 디자인이나 건축물에 활용하기도 한다. 착시 현상이 나타나는 창의적인 그림을 그리시오.

과학 글쓰기

4) 쓰레기를 태우면 내분비계의 교란을 일으키는 화학 물질인 내분비 교란 물질이 발생하기도 한다. 내분비 교란 물질에 장시간 노출되면 기형아가 태어나거나 암이 발생하는 등의 다양한 피해를 볼 수 있다.



자신이 신문 기자라고 생각하고 내분비 교란 물질의 폐해를 알리는 신문 기사를 작성하시오.

대단원 마무리 403

## 개념 응용하기

1) 뇌에서 시각, 청각, 촉각, 판단을 담당하는 영역이 서로 다르다.

[해설] 서로 다른 행동을 할 때 대뇌의 활동 부위를 보면 시각은 후두엽, 청각은 측두엽, 촉각은 두정엽, 판단은 전두엽이 담당하고 있음을 알 수 있다.

2) 인슐린. 포도당을 글리코젠으로 합성하여 혈당량을 낮춰 준다.

[해설] 식사를 한 후에 호르몬의 농도가 증가하는 것으로 보아 이 호르몬은 인슐린이다. 또한 식사 후에 혈당량이 증가했다가 점차 감소하는 이유는 흡수된 포도당이 글리코젠으로 합성되기 때문이다.

3) 창의적으로 그림을 그려 본다.

예



4) 예시_ 최근 세계 도처에서 동물들에게 이상한 일이 발생하고 있다. 미국 플로리다 주의 천연 습지대인 어팝카 호는 악어의 천국으로 유명했으나 최근 그 수가 급속도로 줄었다. 악어 알의 부화율이 겨우 18 %이고, 부화된 새끼들도 절반은 곧 죽었다. 또 영국의 오염된 하천에 살던 수컷 잉어에서 난자가 발견되는 현상이 보고되었다. 이러한 현상들은 오염된 화학 물질로 인한 호르몬 활동의 문제이다. 이러한 문제를 발생시킨 물질을 내분비 교란 물질이라고 한다. 이 물질은 체내를 돌아다니며 마치 호르몬과 같은 행세를 하여 생체 내부를 교란시키면서 생명체에 치명적인 손상을 준다. 따라서 이러한 내분비 교란 물질이 우리와 다음 세대에 미칠 영향에 대해 경계하고 대책을 세워야 한다.

### | 용어 설명 |

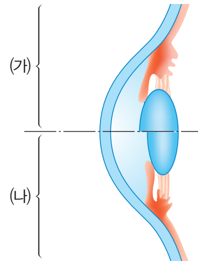
**양전자 방출 단층 촬영(PET)** 양전자를 방출하는 방사성 의약품을 이용하여 인체에 대한 생리 화학적 · 기능적 영상을 3차원으로 나타낼 수 있는 핵의학 검사 방법 중 하나이다. 양전자 방출 단층 촬영을 했을 때 뇌의 활성도가 낮은 경우는 푸른색으로 나타나고, 높은 경우는 붉은색으로 나타난다.

**착시** 착시란 시각적 감각에 의한 착각을 말한다. 지각하는 대상물이 없는 경우를 환각이라고 하는 반면, 대상물이 존재하지만 실제의 대상과 오차가 생기며, 이것을 모든 사람들이 공통으로 느끼면 착시라고 한다.

**내분비 교란 물질** 환경으로 배출된 화학 물질이 생물체 내에 유입되어 마치 호르몬처럼 작용하는 물질이다. 내분비 교란 물질은 화학 구조가 생체 내의 호르몬과 유사하여 마치 체내에서 천연 호르몬처럼 작용하고 비정상적인 생리 작용을 나타낸다. 그 결과 생식 기능 저하, 기형, 생장 장애, 면역 기능 약화 및 암 등을 유발하게 된다. 내분비 교란 물질은 산업용 화학 물질, 살충제나 제초제 등의 농약류, 유기 금속류, 다이옥신류, 호르몬 유사 물질, 일부 의약품 및 식품 첨가물 등 종류가 매우 다양하다.

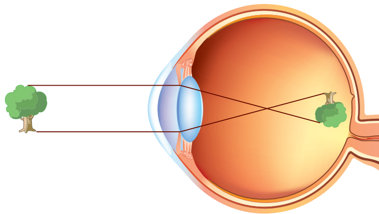
# 대단원 평가문항 예시

**01** 그림은 사람 눈의 일부를 나타낸 것이다. 눈의 구조가 (나)와 같은 상태를 유지하는 상황은?




① 어두운 곳에서 책을 보고 있다.
② 바닥에 떨어진 휴지를 보고 있다.
③ 해변에 앉아 멀리 있는 배를 보고 있다.
④ 눈에 먼지가 들어와 눈을 깜빡이고 있다.
⑤ 작은 물체와 큰 물체를 번갈아 보고 있다.

**02** 그림은 눈의 이상을 나타낸 것이다.

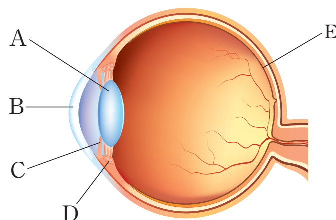


이 눈에 대한 특징을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

> 보기
> ㄱ. 수정체가 두껍다.
> ㄴ. 볼록 렌즈로 교정한다.
> ㄷ. 상이 망막의 뒤에 맺힌다.
> ㄹ. 수정체와 망막 사이가 멀다.
> ㅁ. 멀리 있는 물체를 잘 보지 못한다.

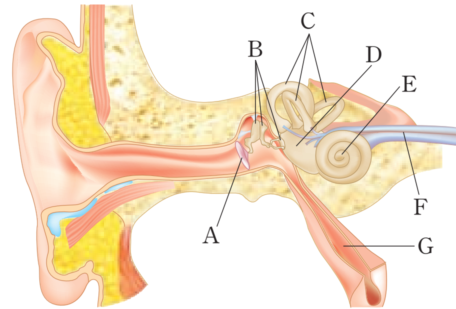
① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄹ
③ ㄷ, ㄹ ④ ㄹ, ㅁ
⑤ ㄱ, ㄹ, ㅁ

**03** 그림은 사람의 눈의 구조를 나타낸 것이다. 물체의 상이 망막에 선명하게 맺히기 위해 물체와의 거리에 따라 조절되어야 하는 부분의 기호와 이름이 옳게 연결된 것은?




① A – 수정체 ② B – 각막
③ C – 섬모체 ④ D – 홍채
⑤ E – 맥락막

**[04~05]** 그림은 사람 귀의 구조를 나타낸 것이다.




**04** 소리가 전달되는 경로로 옳은 것은?

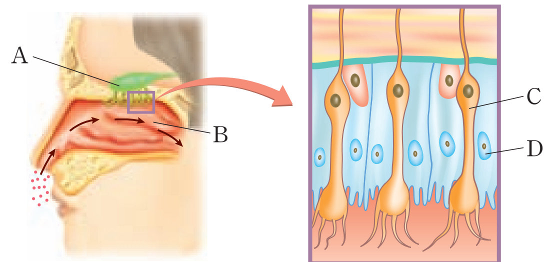
① A→B→D→G
② A→B→E→F
③ A→B→C→E→F
④ A→B→C→D→E→F
⑤ A→B→C→D→E→G

**05** 〈보기〉에서 설명하고 있는 부분으로 옳은 것은?

> 보기
> 두 개의 주머니로 이루어져 있으며, 속에 평형석이 들어 있다. 몸이 기울면 기울기에 따라 평형석도 기울고 감각 세포가 이를 감지하여 몸이 기울어진 정도를 알 수 있다.

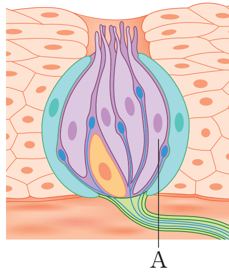
① A ② B ③ C ④ D ⑤ E

**06** 그림은 코의 구조를 나타낸 것이다. 후각을 느끼는 후각 세포의 기호와 후각 세포가 받아들이는 자극을 옳게 연결한 것은?




① A – 액체 상태의 화학 물질
② B – 기체 상태의 화학 물질
③ C – 액체 상태의 화학 물질
④ C – 기체 상태의 화학 물질
⑤ D – 액체와 고체 상태의 화학 물질

**07** 그림은 사람의 혀의 일부를 확대하여 나타낸 것이다. A에서 느끼는 맛이 아닌 것들로 짝지어진 것은?

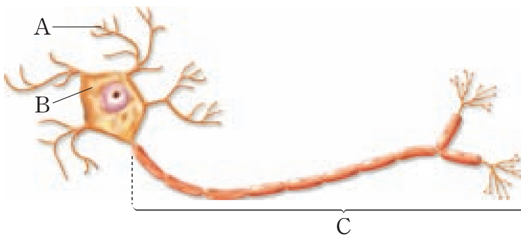



① 단맛, 짠맛
② 쓴맛, 신맛
③ 쓴맛, 매운맛
④ 짠맛, 떫은맛
⑤ 매운맛, 떫은맛

**08** 눈을 감고 손끝으로 물체를 더듬어 보면 그 물체의 종류를 대강은 구분할 수 있다. 그 이유로 옳은 것은?

① 손끝에는 피하 지방이 많기 때문이다.
② 손끝에 있는 감각점의 크기가 크기 때문이다.
③ 손끝에는 통점이 많이 분포하고 있기 때문이다.
④ 손끝에는 촉점이 많이 분포하고 있기 때문이다.
⑤ 손끝에는 감각 세포가 많이 분포하기 때문이다.

**[09~10]** 그림은 신경의 기본 단위를 나타낸 것이다.

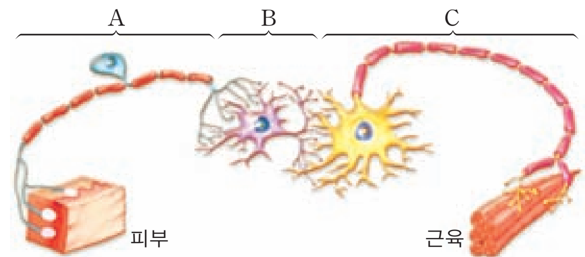



**09** 핵이 있어 뉴런의 물질대사를 조절하는 부분의 기호와 이름을 쓰시오.

**10** A에서 일어나는 작용에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 신경세포체를 보호한다.
② 다른 뉴런에 자극을 전달한다.
③ 뉴런에 필요한 양분을 흡수한다.
④ 전기 신호를 화학 신호로 변환시킨다.
⑤ 다른 뉴런으로부터 자극을 받아들인다.

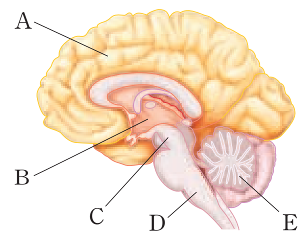
**11** 그림은 뉴런의 연결을 나타낸 것이다.




A~C에 대한 설명 중 옳지 않은 것은?

① A는 자극을 뇌와 척수로 전달한다.
② B는 자극에 대해 알맞은 판단을 내린다.
③ C는 운동 명령을 근육으로 전달한다.
④ 자극의 전달 경로는 C → B → A이다.
⑤ A, B, C 모두 신경계의 기본 단위 세포이다.

**[12~13]** 그림은 사람의 뇌를 나타낸 것이다.




**12** A~E 중에서 〈보기〉의 행동과 관계 깊은 것끼리 옳게 짝지은 것은?

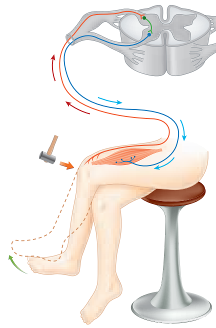
보기
(가) 영수는 끝말잇기 시합에서 자주 이긴다.
(나) 철수는 수업 시간에 졸려서 하품을 하였다.
(다) 미진이는 스키를 탈 때 중심을 잘 잡는다.
(라) 진식이는 날아오는 축구공을 보고 손으로 쳤다.
(마) 윤미는 빵 가게 옆을 지나갈 때 입 안에 군침이 돌았다.

① A – (가)
② B – (나)
③ C – (다)
④ D – (라)
⑤ E – (마)

**13** 운동을 하게 되면 심장 박동이 빨라지고 호흡이 거칠어진다. 신체에 나타나는 이와 같은 반응과 직접적인 관련이 있는 부분은?

① A ② B ③ C ④ D ⑤ E

**14** 그림은 고무망치로 무릎 밑을 쳤을 때 일어나는 자극의 전달 과정을 나타낸 것이다.
이와 같이 무의식적으로 일어나는 반사 작용으로 옳은 것은?



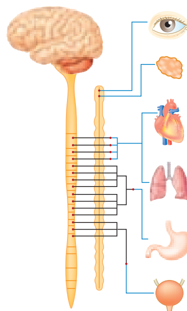
① 선생님을 보고 인사를 한다.
② 교실에 떨어져 있는 휴지를 줍는다.
③ 장미 가시에 손가락을 찔려 아픔을 느꼈다.
④ 뜨거운 냄비에 손이 닿아 재빨리 손을 뺐다.
⑤ 영화를 보기 위해 인터넷으로 예매를 하였다.

**15** 〈보기〉에 제시된 내용 중 다른 중추에 대한 설명 하나를 고른 것은?

보기
(가) 무릎 반사의 중추이다.
(나) 신 김치를 보고 침이 고인다.
(다) 배변, 배뇨 등의 반사 중추이다.
(라) 척추로 둘러싸여 있는 연합 신경이다.
(마) 뇌와 몸의 각 부분 사이에서 정보를 전달하는 통로 역할을 한다.

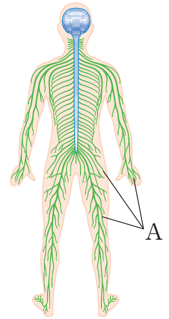
① (가) ② (나) ③ (다)
④ (라) ⑤ (마)

**16** 그림은 자율 신경계의 일부를 나타낸 것이다. 교감 신경의 작용으로 옳은 것은?



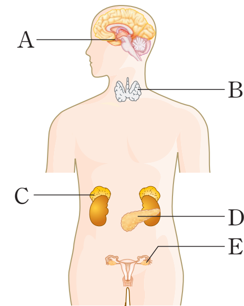
① 동공이 축소된다.
② 호흡이 느려진다.
③ 혈압이 낮아진다.
④ 침 분비가 촉진된다.
⑤ 심장 박동이 빨라진다.

**17** 그림은 사람의 신경계를 나타낸 것이다. A에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?




① 자율 신경계는 대뇌의 지배를 받는다.
② 자율 신경계에는 운동 신경만 존재한다.
③ 자율 신경계에는 교감 신경과 부교감 신경이 있다.
④ 체성 신경계에는 12쌍의 뇌신경과 31쌍의 척수 신경이 있다.
⑤ A는 말초 신경계로서, 체성 신경계와 자율 신경계로 이루어져 있다.

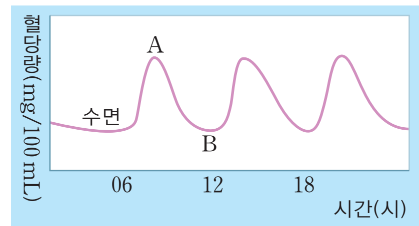
**18** 그림은 사람의 몸에 있는 내분비샘을 나타낸 것이다.




몸의 말단 부위가 비정상적으로 커진 사람을 조사하였더니 호르몬 분비량에 이상이 있었다. 이 호르몬을 분비하는 곳은?

① A ② B ③ C ④ D ⑤ E

**19** 그래프는 하루 중 우리 몸의 혈당량 변화를 조사하여 나타낸 것이다.




혈당량의 수치가 A와 B일 때 이자에서 분비량이 늘어나는 호르몬의 이름을 각각 쓰시오.

**20** 〈보기〉 중에서 호르몬의 특성을 있는 대로 고른 것은?

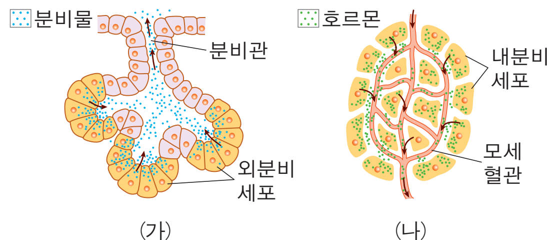
> 보기
> ㄱ. 한 종류의 호르몬이 온몸으로 운반되어 모든 기관에 작용한다.
> ㄴ. 생리 작용을 조절하기 위해 많은 양의 호르몬이 필요하다.
> ㄷ. 내분비샘에서 만들어져 분비되며 혈액에 의해 운반된다.
> ㄹ. 분비되는 곳과 작용하는 표적 기관이 서로 다르다.
> ㅁ. 분비량이 적당하지 않으면 결핍증이나 과다증이 나타난다.

① ㄱ, ㄴ, ㄷ ② ㄱ, ㄷ, ㄹ ③ ㄱ, ㄹ, ㅁ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ, ㅁ

**21** 〈보기〉의 (  ) 안에 들어갈 말을 각각 쓰시오.

> 보기
> (가) 우리 몸은 외부 환경이 변하더라도 심장 박동이나 체온, 혈당량 등을 항상 일정한 상태로 유지하려는 성질이 있는데, 이를 (    )(이)라고 한다.
> (나) 교감 신경과 부교감 신경은 한 기관에 분포하면서 한쪽 신경이 기능을 촉진시키면 다른 쪽 신경은 억제하여 그 기관의 기능을 일정하게 조절하는데, 이러한 작용을 (    ) 작용이라고 한다.

**22** 그림 (가)는 외분비샘이고, 그림 (나)는 내분비샘을 나타낸 것이다.

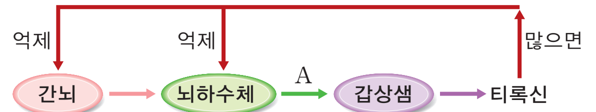


(가) (나)

(가)와 (나)에 해당하는 기관으로 옳게 짝지은 것은?

| | (가) | (나) | | (가) | (나) |
|---|---|---|---|---|---|
| ① | 이자 | 이자 | ② | 갑상샘 | 침샘 |
| ③ | 침샘 | 장샘 | ④ | 뇌하수체 | 장샘 |
| ⑤ | 부신 | 정소 | | | |

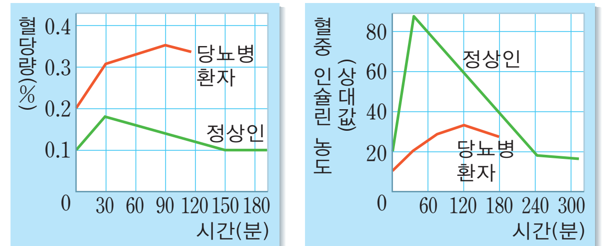
**23** 그림은 티록신 분비량의 조절을 나타낸 것이다.




A에 해당하는 호르몬에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 성장 호르몬이다.
② 티록신의 분비를 억제시킨다.
③ 글리코젠을 포도당으로 분해한다.
④ 주로 식사 후에 많이 분비되는 호르몬이다.
⑤ 갑상샘을 자극해서 호르몬을 분비하게 한다.

**24** 그림 (가)는 정상인과 당뇨병 환자에게 포도당 100 g을 주사한 후 시간에 따른 혈당량을 조사한 그래프이고, 그림 (나)는 인슐린 농도를 조사한 그래프이다.



(가) (나)

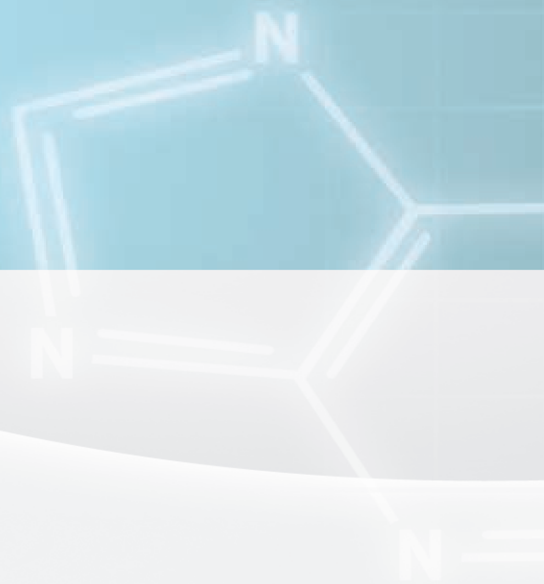
〈보기〉 중에서 그래프 (가)와 (나)에 대한 설명으로 옳은 것은?

> 보기
> ㄱ. 인슐린은 혈당량을 낮추는 호르몬이다.
> ㄴ. 당뇨병 환자는 정상인보다 혈중 인슐린 농도가 높다.
> ㄷ. 당뇨병 환자는 정상인보다 혈당량이 높은 상태로 유지된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

**25** 호르몬의 종류와 호르몬의 분비 이상으로 인한 질병이 옳게 짝지어진 것은?

① 글루카곤 – 거인증
② 인슐린 – 갑상샘 저하증
③ 티록신 – 말단 비대증
④ 성장 호르몬 – 난쟁이증
⑤ 아드레날린 – 갑상샘 항진증


$C_2H_5OH$
$H_2O$
$CH_4$
N
N
N

# 부록

# Ⅰ. 물질의 구성

## 대단원 평가문항 예시

92~95쪽

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 ③ | 02 ① | 03 ③ | 04 ④ | 05 ④, ⑤ | |
| 06 ④ | 07 ③ | 08 ⑤ | 09 ④ | 10 ⑤ | 11 ③ |
| 12 ③ | 13 ③ | 14 (가) 음이온, (나) 양이온 | | | 15 ⑤ |
| 16 ⑤ | 17 ② | 18 ③ | 19 ⑤ | 20 22개 | 21 ④ |
| 22 ① | 23 ㄱ | 24 ③ | 25 ① | 26 ㄴ | 27 ② |

**01** 최초로 현대적인 원소 개념을 제안한 사람은 보일이다.

**02** ① 더 이상 분해되지 않는 물질의 최소 단위 성분을 원소라고 한다. 구리, 철 등은 모두 원소이다.
오답 피하기 ② 원자는 물질을 이루는 기본 입자이다.
③ 전자는 원자를 구성하는 (−)전하를 띤 작은 입자이다.
④ 분자는 물질의 성질을 가지는 최소 단위의 입자이다.
⑤ 원자핵은 원자의 중심에 존재하는 (+)전하를 띤 입자로서, 원자마다 전하가 다르다.

**03** 오답 피하기 ㄷ. 염화 나트륨은 용융 · 전기 분해시키면 염소와 나트륨으로 분해되므로 화합물이다.

**04** ④ 산소 기체는 산소(O)로만 이루어져 있다.
오답 피하기 ① 에탄올은 탄소(C), 수소(H), 산소(O)로 이루어져 있다.
② 이산화 탄소는 탄소(C)와 산소(O)로 이루어져 있다.
③ 물은 수소(H)와 산소(O)로 이루어져 있다.
⑤ 일산화 탄소는 탄소(C)와 산소(O)로 이루어져 있다.

**05** 오답 피하기 ① 순수한 물은 전기가 통하지 않기 때문에 수산화 나트륨을 조금 넣어 녹인다.
②, ③ 물을 분해하면 (+)극에서는 산소, (−)극에서는 수소 기체가 발생한다. 따라서 (+)극에 꺼져 가는 불씨를 대면 불씨가 살아나고, (−)극에 불꽃을 대면 '펑' 소리를 내며 타오른다.

**06** ④ 사람의 몸에 가장 많이 포함되어 있는 원소는 산소(O)이며, 그 다음으로 탄소(C)가 많이 포함되어 있다.

**07** 원소 기호는 라틴 어, 그리스 어, 영어 등의 이름의 첫 글자를 대문자로 쓰고, 첫 글자가 같은 원소가 있을 경우에는 적당한 글자를 찾아서 소문자로 덧붙여서 나타낸다.

**08** 오답 피하기 ① F는 플루오린의 원소 기호이고, 철의 원소 기호는 Fe이다.
② Ne는 네온의 원소 기호이고, 질소의 원소 기호는 N이다.
③ H는 수소의 원소 기호이고, 헬륨의 원소 기호는 He이다.
④ Ag는 은의 원소 기호이고, 수은의 원소 기호는 Hg이다.

**09** 오답 피하기 ① 니크롬선 대신 백금선을 사용해도 된다.
② 불꽃색을 관찰할 때에는 산소 공급이 잘 되어 온도가 높고 무색인 겉불꽃 속에 니크롬선을 넣어야 한다.
③ 시료가 달라질 때마다 니크롬선을 묽은 염산에 넣어 깨끗이 씻은 후 불꽃색을 관찰해야 한다.
⑤ 시료의 양이 적어도 성분 원소를 구분할 수 있다.

**10** 같은 금속 원소를 포함하고 있으면 같은 불꽃색을 나타낸다. 질산 나트륨과 염화 나트륨은 모두 나트륨을 포함하고 있어 노란색의 불꽃색을 나타낸다.

**11** 물질 A의 선 스펙트럼에는 리튬과 스트론튬의 선 스펙트럼이 겹쳐져서 나타난다. 따라서 물질 A에는 리튬과 스트론튬이 모두 포함되어 있다.

**12** 오답 피하기 ㄱ. 원자의 중심에는 원자핵이 존재한다.
ㄷ. 원자의 대부분은 전자가 존재하는 빈 공간이다.

**13** ③ 화학 변화가 일어나도 원자는 없어지지 않는다.

**14** (가) 원자가 전자를 얻었으므로 음이온이 만들어진다. 음이온은 (−)전하를 띤다.
(나) 원자가 전자를 잃었으므로 양이온이 만들어진다. 양이온은 (+)전하를 띤다.

**15** ⑤ 전자를 3개 잃고 형성된 이온이다.
오답 피하기 ① 전자를 1개 잃고 형성된 이온이다.
② 전자를 1개 얻고 형성된 이온이다.
③ 전자를 2개 얻고 형성된 이온이다.
④ 전자를 2개 잃고 형성된 이온이다.

**16** 증류수에는 전류가 흐르지 않으나 이온을 포함한 물은 전류가 잘 흐른다. 증류수에 손가락을 넣고 저어 주면 손가락에 묻어 있던 물질이 증류수에 녹아 이온으로 나누어지므로 전류가 흐르게 된다.

**17** ㄷ. '−' 기호는 전자를 얻은 것을 나타내며, '−' 기호 앞의 숫자 2는 얻은 전자의 수이다.
오답 피하기 ㄱ. 원자 번호가 16이므로 중성 원자의 전자 수는 16개이다. 그런데 전자를 2개 얻어 전하가 −2인 이온이 되었으므로 전자 수는 18개이다.
ㄴ. 음이온의 이름은 원소 이름에 '소'가 없는 경우 그냥 '화 이온'을 붙여서 사용하므로 황화 이온이다.

18 ㄱ. 원자핵의 전하가 +9이므로 원자 번호가 9인 원소이다.
ㄷ. 이 입자는 전자 수가 10개이므로 전자를 1개 얻어서 형성된 음이온이다. 따라서 이 이온이 포함된 수용액에 전류를 흘려주면 (+)극으로 이동한다.
**오답 피하기** ㄴ. 이 입자는 음이온이므로 (−)전하를 띤다.

19 ㄱ. (다)는 (가)가 전자 1개를 얻어 형성되므로 전자 수가 가장 많다.
ㄴ. (가)는 중성 원자이며, 전자 1개를 잃으면 양이온인 (나)가 된다.
ㄷ. (나)는 양이온이고 (다)는 음이온이므로 모두 전하를 띠는 입자이다.

20 $A^+$은 A가 전자를 1개 잃어서 형성되므로 전자가 2개이며, $B^-$은 B가 전자를 1개 얻어서 형성되므로 전자가 10개이다. $C^{2+}$은 C가 전자를 2개 잃어서 형성되므로 전자가 10개이다. 따라서 세 이온의 전자를 모두 합하면 22개이다.

21 ④ 양이온인 $Ca^{2+}$은 +2의 전하를 띠고 있으며, 음이온인 $Cl^-$은 −1의 전하를 띠고 있다. 따라서 1개의 $Ca^{2+}$과 2개의 $Cl^-$이 결합하여 $CaCl_2$가 된다.
**오답 피하기** ① $K_2CO_3$, ② NaCl, ③ $CuCl_2$, ⑤ $CuSO_4$

22 혼합 수용액에 아이오딘화 은(AgI) 앙금과 질산 은 수용액에 들어 있지 않은 $K^+$이 포함되어 있으므로 물질 A는 아이오딘화 이온($I^-$)과 칼륨 이온($K^+$)을 포함하고 있다. 칼륨 이온($K^+$)과 아이오딘화 이온($I^-$)으로 이루어진 화합물은 아이오딘화 칼륨(KI)이다.

23 ㄱ. 화합물의 화학식 표현에서 원소 기호의 오른쪽 아래에는 해당 원소의 개수가 표현되므로 구리 이온과 염화 이온이 1 : 2의 개수비로 이루어지는 화합물이다.
**오답 피하기** ㄴ. 각 이온에서의 전자 수는 원자 번호와 이온의 전하로 알 수 있다. 구리의 원자 번호는 29이므로 전자 2개를 잃은 구리 이온의 전자 수는 27개이다. 염소의 원자 번호는 17이므로 전자를 1개 얻은 염화 이온의 전자 수는 18개이다. 따라서 구리 이온의 전자 수는 염화 이온의 전자 수의 2배가 아니다.
ㄷ. 화합물은 중성이므로 구리 이온의 전하의 크기는 염화 이온의 전하의 크기의 2배이다.

24 $Na^+$은 앙금을 잘 생성하지 않으므로 $SO_4^{2-}$과 앙금을 생성하지 않는 양이온이 들어 있는 수용액을 찾으면 된다. $K^+$은 앙금을 잘 생성하지 않으므로 $SO_4^{2-}$과 앙금생성 반응을 하지 않는다.
**오답 피하기** ① $Ca^{2+}$과 $SO_4^{2-}$은 $CaSO_4$ 앙금을 생성한다.
② $Ag^+$과 $SO_4^{2-}$은 $Ag_2SO_4$ 앙금을 생성한다.
④ $Ba^{2+}$과 $SO_4^{2-}$은 $BaSO_4$ 앙금을 생성한다.
⑤ $Pb^{2+}$과 $SO_4^{2-}$은 $PbSO_4$ 앙금을 생성한다.

25 질산 은 수용액과 반응하여 앙금이 생성되는 것은 탄산 이온과 염화 이온이다. 또 염화 칼슘 수용액과 반응하여 앙금이 생성되는 이온은 탄산 이온이다. 따라서 음료수 B에는 탄산 이온이 포함되어 있고, 음료수 A에는 염화 이온이 포함되어 있다. 음료수 B에 염화 이온의 포함 여부는 알 수 없다.

26 ㄴ. 질산 은 수용액을 떨어뜨리면 NaCl 수용액에서만 흰색 앙금이 생성된다.
**오답 피하기** ㄱ. 같은 금속 이온인 나트륨 이온을 포함하고 있으므로 선 스펙트럼이 같게 나타난다.
ㄷ. NaCl과 $NaNO_3$은 모두 물에 잘 녹는 물질이므로 물에 녹아 이온으로 나누어진다. 따라서 직류 전원에 연결된 전극을 넣으면 모두 전류가 잘 흐른다.

27 불꽃색이 빨간색인 것은 리튬이므로 A는 염화 리튬이다. 불꽃색이 노란색인 것은 염화 나트륨과 탄산 나트륨인데, 이 중 질산 칼슘 수용액의 칼슘 이온과 앙금을 생성하는 물질은 탄산 이온을 포함한 탄산 나트륨이다. 따라서 B는 탄산 나트륨이고, C는 염화 나트륨이다.

# Ⅱ. 빛과 파동

## 대단원 평가문항 예시

152~155쪽

01 ⑤ 02 ④ 03 ③ 04 해설 참조 05 (1)−(다) (2)−(가) (3)−(나) 06 ㄱ, ㄷ 07 ① 08 ⑤ 09 자홍색 10 ③ 11 ④ 12 (1) 해설 참조 (2) A, E 13 ④ 14 ㄱ, ㄴ, ㄷ 15 (1) 돌을 던지자 (2) (냇물아) 퍼져라 또는 (멀리멀리) 퍼져라 (3) (손등을) 간질여 주어라 16 매질 17 ④ 18 ㄱ, ㄴ, ㄷ 19 ① 20 ③ 21 ② 22 해설 참조 23 ④ 24 ③

01 광원에서 나온 빛이 사과를 비추면 이 빛은 사과에서 여러 방향으로 반사된다. 이때 반사된 빛 중 사람의 눈에 들어오는 빛이 시각 신경을 자극하여 사람이 사과를 보게 된다.

02 ㄱ. 태양, 전등, 촛불과 같이 스스로 빛을 내는 물체를 광원이라고 한다.
ㄴ. 물체를 볼 때는 광원에서 직접 나온 빛을 보거나 광원에서 나온 빛이 물체를 비출 때이다. 광원이 없는 곳에서는 물체를 볼 수 없다.
오답 피하기 ㄷ. 광원에서 나온 빛을 직접 보면 광원을 볼 수 있다.

03 시각 세포는 물체를 인식할 수 없다. 시각 세포는 물체에서 반사된 빛 신호를 전기 신호로 바꾸고 시신경을 통해 이 전기 신호를 뇌로 보내는 역할을 한다. 뇌가 전기 신호를 받으면 물체를 인식하게 된다. 따라서 물체를 인식하는 것은 뇌이다.

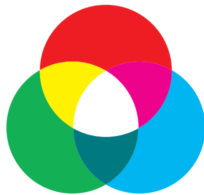
04 물체에 빛을 비추면 그 빛이 물체에서 반사되어 우리 눈으로 들어와서 물체를 보게 된다.

05 사진기를 사람의 눈과 비교해 보면 렌즈는 각막과 수정체, 조리개는 홍채, 필름은 망막의 기능과 비슷하다.

06 ㄱ. 빛 A는 스펙트럼에서 빨간색과 초록색으로 분리되므로 노란색이다.
ㄷ. 빛 A와 B를 맨눈으로 보면 각각 노란색과 청록색의 한 가지 색으로 보인다.
오답 피하기 ㄴ. 빛 B는 스펙트럼에서 초록색과 파란색으로 분리되므로 청록색이다.

07 합성된 색은 오른쪽 그림과 같다.

- 빨간색+파란색=자홍색
- 파란색+초록색=청록색
- 빨간색+초록색=노란색
- 빨간색+초록색+파란색=흰색



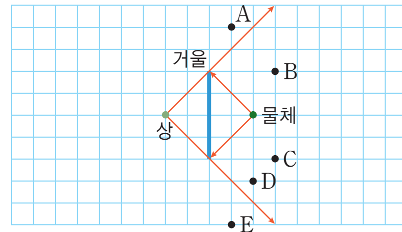
08 햇빛을 노란색 감귤에 비추면 빨간색과 초록색 영역의 빛은 반사되고 파란색 영역의 빛은 흡수된다.

09 루페로 본 화소에서 빨간색과 파란색이 보이므로 이 화면의 색은 자홍색이다.

10 구름 사이로 햇살이 비치는 모습, 등대의 불빛이 나아가는 모습, 그림자가 생기는 모습을 볼 때 빛이 직진한다는 사실을 알 수 있다.

11 볼록 거울로는 항상 축소된 상을 볼 수 있다.

12 (1) 상의 위치는 아래 그림과 같다.




(2) 상을 볼 수 없는 점은 A, E이다.

13 ㄱ. 빛은 렌즈를 통과할 때 굴절한다.
ㄷ. 볼록 렌즈를 통해 확대된 상, 축소된 상, 똑바로 선 상, 거꾸로 선 상을 모두 볼 수 있다.
오답 피하기 ㄴ. 오목 렌즈를 통해서는 똑바로 선 축소된 상만 볼 수 있다.

14 A의 상은 작고 거꾸로 선 상으로 렌즈의 오른쪽에 실제 광선이 모여서 맺힌다.
B의 상은 크고 똑바로 선 상으로 렌즈의 왼쪽에 있는 것처럼 보인다.

15 (1) 돌을 던지는 것은 물을 진동시켜 파동을 발생시키는 것에 비유할 수 있다.
(2) 냇물이 퍼져 나가는 것은 파동이 전달되는 과정에 비유할 수 있다.
(3) 손등을 간질여 주는 것은 파동이 에너지를 전달하는 것에 비유할 수 있다.

16 앉았다 일어섰다 하는 사람은 파동의 매질에 비유된다.

17 (가)는 파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 수직한 횡파이다.

18 ㄱ. (가)는 어느 한 순간에 매질의 진동 중심으로부터의 높낮이를 나타낸 것이다.
ㄴ. (나)는 매질 위의 한 점이 진동하는 모습을 시간에 따라 나타낸 것이다.
ㄷ. A는 파장, B, C, E, F는 진폭, D는 진동수를 나타낸다.

19 ① 소리는 매질이 없으면 전달되지 않는다.
오답 피하기 ② 목소리는 성대가 떨리면서 생기는 진동으로 만들어진다.
③ 소리는 진행 방향과 나란하게 공기를 진동시키면서 나아간다.
④ 소리가 귀에 들어가면 고막을 진동시키고, 이 진동이 뇌가 인식할 수 있는 신호로 바뀌어 뇌에 전달된다.

⑤ 사람은 20~20,000 Hz의 음파를 귀로 들을 수 있고, 이를 가청 진동수(또는 가청 주파수)라고 한다.

20 ㄷ. 자동차의 후방 감지기는 장애물로 보낸 초음파가 반사되어 되돌아 나오는 것을 감지하여 자동차 후방의 장애물을 감지한다.

오답 피하기 ㄱ. 이 실험은 파동의 반사를 알아보기 위한 실험이다.

ㄴ. 파동이 반사될 때 진동수는 변하지 않는다.

21 ㄴ. 그림에서 이웃한 흰색 무늬 사이의 거리가 파장이다. 따라서 (가)의 파장이 (나)의 파장보다 길다.

오답 피하기 ㄱ. 물이 깊을수록 파장이 길다. 따라서 (가)의 물이 깊고 (나)의 물이 얕다.

ㄷ. 파동이 반사되거나 굴절될 때 진동수나 주기는 변하지 않는다. 따라서 (가)의 주기와 (나)의 주기는 같다.

22 소리굽쇠의 소리는 진행 방향과 나란하게 공기 알갱이들을 진동시키면서 나아간다.

23 ㉠ 건반 B를 눌렀을 때의 소리는 A의 경우보다 높은 소리가 나므로 (가)에 비해 진동수가 큰 (다)와 같은 음파로 나타난다.

㉡ 건반 A를 더 세게 눌렀을 때의 소리는 A의 경우보다 큰(센) 소리가 나므로 (가)에 비해 진폭이 큰 (나)와 같은 음파로 나타난다.

24 이 음파의 파형은 피리의 파형과 같다. 또한 음파의 주기는 피리의 '솔' 음보다 2배 정도 늘어난 것으로 보아 진동수가 $\frac{1}{2}$배로 줄어 한 옥타브 낮은 '솔' 음의 피리 소리로 추측할 수 있다.

# Ⅲ. 기권과 우리 생활

## 대단원 평가문항 예시

218~221쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ⑤ 04 ④ 05 ② 06 ① 07 ⑤ 08 ④ 09 ⑤ 10 ③ 11 ④ 12 A 13 ④ 14 ④ 15 ④ 16 ⑤ 17 ⑤ 18 (가) 해풍, (나) 육풍 19 해설 참조 20 ④ 21 (1) 저위도 – 무역풍, 중위도 – 편서풍 (2) 저위도 – 동쪽에서 서쪽으로, 중위도–서쪽에서 동쪽으로 22 ④ 23 ③ 24 ④

01 A는 대류권, B는 성층권, C는 중간권, D는 열권이다.

02 ① 대류권(A)에서는 지표 부근의 기온이 높고 위로 올라갈수록 기온이 낮아지므로 대기의 대류가 활발히 일어나며, 수증기를 많이 포함하고 있어 구름, 비, 눈 등의 기상 현상이 일어난다.

오답 피하기 ③ 오로라는 열권(D)에서 나타난다.

④ 오존층의 오존이 태양으로부터 오는 자외선을 흡수하는 곳은 성층권(B)이다.

⑤ 열권(D)은 공기가 희박하므로 비행기의 항로로 부적합하다.

03 태양 복사 에너지 중 가장 많은 양을 차지하는 것은 적외선과 가시광선이다.

04 알루미늄 컵의 온도는 상승하다가 복사 평형이 일어나 일정하게 된다.

05 지구의 반사율은 30 %이다.

06 ① B+C는 지구가 방출하는 에너지로서, 70 %이다.

오답 피하기 ② C는 100−(A+B)이다.

③ 지표면이 흡수하는 태양 복사 에너지(D)는 50 %이다.

④ 지구에서 가장 많은 태양 복사를 흡수하는 곳은 지표면이다.

⑤ 지구가 태양으로부터 받는 에너지와 우주 공간으로 방출하는 에너지의 양은 같다.

07 (가)는 적도 지방, (나)는 중위도 지방, (다)는 고위도 지방에 해당된다. 빛을 받는 면적이 가장 넓은 것은 (다)이고, 같은 면적에서 가장 많은 빛을 받는 것은 (가)이다. 책상 면의 온도가 가장 높이 올라가는 것은 단위 면적당 받는 에너지의 양이 많은 (가)이다.

08 이산화 탄소의 증가로 지구의 기온이 상승하였다. 최근에는 이산화 탄소의 농도가 급격히 증가하고 있으며, 이에 따라 지구의 기온도 급격히 상승하고 있다. 1860년 이후 기온은 매년 상승하지 않았다. 1965년의 경우는 그 이전보다 기온이 낮았다.

09 온실기체에는 이산화 탄소, 메테인, 아산화 질소 등이 있다. 질소나 산소는 온실기체가 아니다.

10 저위도로 갈수록 태양 복사 에너지와 지구 복사 에너지가 모두 증가하며, A는 에너지 부족량, B는 에너지 과잉량이다. 지구는 복사 평형으로 일정한 온도를 유지하므로 A와 B의 면적은 같다.

11 생물권에서 탄소는 유기물 형태로 존재하며, 영양분으로 생명체의 구성 성분을 이루고 있다.

12 A는 포화 상태로서, 상대 습도는 100 %로 가장 높다.

13 30°C에서 포화 수증기량이 27.7 g/kg이고, 상대 습도가 50 %이면, 수증기량은 13.85 g/kg이다. 실내의 질량이 500 kg이므로 포함한 수증기량은 6,925 g이다.

14 온도 상승을 관찰하려면 주사기의 피스톤을 천천히 밀어야 하고, 수증기의 응결로 뿌옇게 흐려지는 모습을 관찰하려면 주사기의 피스톤을 빨리 당겨 주어야 한다.

15 공기의 상승 운동이 강할 때 두껍게 발달하는 적운형 구름이다. 적운형 구름에서는 천둥과 번개를 동반한 소나기가 내리기도 한다.

16 ⑤ 성장한 빙정이 무거워져 낙하하면 눈이 내리고, 도중에 녹으면 비가 된다.

오답 피하기 ① 열대 지방에서 내리는 비를 설명하는 이론은 병합설이다.

② 과냉각 물방울에서는 응결보다 증발이 활발하다.

③ 과냉각 물방울보다 빙정의 포화 수증기량이 크다.

④ −40~0°C 사이의 구름에서 빙정이 성장한다.

17 우리가 기압을 느끼지 못하는 것은 기압의 크기와 거의 같은 크기의 압력이 몸 안에서 몸 밖으로 작용하기 때문이다.

18 낮에는 바다에서 육지로 해풍이 불고, 밤에는 육지에서 바다로 육풍이 분다.

19 바다가 육지보다 비열이 커서 낮과 밤의 온도 분포가 변하기 때문이다.

20 해양에서 대륙으로 남동 계절풍이 부는 여름철이다. 해양보다 대륙의 기온이 높고, 대륙보다 해양의 기압이 높다. 우리나라는 태평양 쪽에서 많은 수증기가 공급되어 고온 다습하다.

21 (1) 저위도 지방에서는 동풍 계열의 무역풍이 불고, 중위도 지방에서는 서풍 계열의 편서풍이 분다.
(2) 저위도 지방에서는 적도 해류가 서쪽으로 흐르고, 중위도 지방에서는 남극 순환류, 북태평양 해류 등이 동쪽으로 흐른다.

22 D는 오호츠크 해 기단으로서, 한랭 다습하다. 오호츠크 해 기단은 초여름에 고온 다습한 북태평양 기단 C와 만나 장마 전선을 형성한다.

23 A는 온난 전선, B는 한랭 전선이다. 한랭 전선은 온난 전선보다 전선면의 경사가 급하고, 전선의 이동 속도가 빠르다. 따라서 한랭 전선은 온난 전선보다 구름의 두께는 두껍지만, 비가 내리는 시간은 짧다.

24 A 지점은 북서풍이 불고, 적운형 구름에서 소나기가 내린다. B 지점은 남서풍이 불고, 상대적으로 맑다. C 지점은 남동풍이 불고, 층운형 구름이 발달하여 지속적인 비가 내린다. 기압은 저기압 중심에서 가장 가까운 등압선 안에 있는 B 지점에서 가장 낮다.

# Ⅳ. 소화 • 순환 • 호흡 • 배설

## 대단원 평가문항 예시

288~291쪽

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 01 ② | 02 ① | 03 ② | 04 ⑤ | 05 ③ | 06 ⑤ |
| 07 ② | 08 ④ | 09 ④ | 10 ① | 11 ⑤ | 12 ⑤ |
| 13 ③ | 14 ⑤ | 15 ⑤ | 16 ④ | 17 ② | 18 ② |
| 19 ② | 20 ③ | 21 ⑤ | 22 ② | 23 ④ | 24 ⑤ |
| 25 ④ | 26 ⑤ | | | | |

01 단백질은 세포의 주 구성 물질이면서 효소나 일부 호르몬의 주성분으로 세포의 기능을 조절해 준다. 또한 에너지원으로 사용되어 1 g이 분해되면 4 kcal의 열량이 생성된다.

02 단백질을 검출하는 반응은 뷰렛 반응이다.
오답 피하기 ② 수단 Ⅲ 용액은 지방을 검출할 때 사용한다.
③ 베네딕트 용액은 포도당을 검출할 때 사용한다.
④ 메틸렌 블루 용액은 동물 세포의 핵을 염색할 때 사용한다.
⑤ 아이오딘−아이오딘화 칼륨 용액은 녹말을 검출할 때 사용한다.

03 음식물이 작은 덩어리로 쪼개지고 음식물과 소화액이 혼합되는 분절 운동과 음식물을 이동시키는 꿈틀 운동은 기계적 소화와 관련이 있다.

04 점액은 입에서부터 대장에 이르기까지 모든 소화관에서 분비되어 소화관 벽을 보호해 준다. 위에서만 점액이 분비되는 것은 아니다.

05 단백질 소화는 위에서 시작되어 소장에서 끝난다. 입에서는 단백질 소화가 일어나지 않는다.

06 E는 대장으로서, 대장균에 의한 음식물 찌꺼기의 부패가 일어난다. 음식물 찌꺼기의 이동은 꿈틀 운동에 의해 일어나므로 기계적인 소화가 일어나지만, 효소에 의한 화학적 소화는 일어나지 않는다.

07 혈액 성분 중 산소를 운반하는 것은 적혈구이다. 즉, 적혈구 내의 헤모글로빈이 산소와 결합하여 조직 세포로 이동한다. 고산 지대에 사는 사람들은 산소가 희박한 곳에서 살아갈 수 있도록 적응되어 있어 혈액 속의 적혈구 수나 헤모글로빈의 양이 평지에 사는 사람들보다 훨씬 많다.

08 김사액으로 혈액을 염색하면 백혈구의 핵이 염색된다.

09 A는 동맥, B는 모세 혈관, C는 정맥, D는 판막을 나타낸 것이다.

**오답 피하기** 동맥은 높은 혈압을 견디기 위해 혈관벽이 두껍고 탄력성이 강하다. 정맥은 동맥에 비해 혈관벽이 얇고 탄력성이 약하다. 모세 혈관은 총 단면적이 가장 넓어 혈액이 느리게 흐른다.

10 A는 좌심실이 수축할 때 발생하는 최고 혈압으로서, 좌심실이 수축하면 혈액은 대동맥으로 밀려나간다.

11 A는 폐동맥, B는 폐정맥, C는 대정맥, D는 대동맥이다. 동맥혈은 산소가 풍부한 혈액으로 선홍색을 띤다. 동맥혈은 대부분의 동맥과 폐정맥을 따라 흐른다.

12 A는 우심방, B는 우심실, C는 좌심방, D는 좌심실이다. 좌심실은 온몸으로 혈액을 내보내기 위해 강한 압력이 필요하기 때문에 심장 벽이 가장 두껍다.

**오답 피하기** 심방은 심장에서 혈액을 받아들이는 곳으로 정맥과 연결되어 있으며, 심실은 혈액을 내보내는 곳으로 동맥과 연결되어 있다.

13 동맥 경화가 진행되면 동맥벽의 탄력성이 약해지고 혈액이 흐르는 속도가 느려지며 혈압은 높아진다.

14 운동을 할 때 근육 세포는 영양소와 산소를 더 많이 소비하며 이산화 탄소가 많이 생긴다.

15 폐에는 폐포가 있어 표면적을 넓혀 주며, 폐포는 모세 혈관으로 둘러싸여 있다.

16 폐포는 한 층의 세포로 되어 있어 물질 교환(확산)이 잘 일어난다.

17 석회수를 뿌옇게 흐려지게 하는 것은 이산화 탄소이며 (가)는 날숨, (나)는 들숨의 상태이다. 이산화 탄소는 들숨보다 날숨에 많이 포함되어 있다.

18 A는 폐동맥과 연결된 모세 혈관이고, B는 폐정맥과 연결된 모세 혈관이다. C는 이산화 탄소, D는 산소이다. B에는 산소가 많은 동맥혈이 흐른다.

19 A지점은 폐 내부의 압력이 대기압에 비해 높은 상태이므로 폐에서 몸 밖으로 공기가 나온다. 즉, 날숨인 상태이므로 횡격막은 올라가고 갈비뼈는 내려간다.

20 세포 호흡은 저온(사람의 체온 정도)에서 천천히 일어나지만, 연소는 고온(400℃ 이상)에서 빠르게 일어난다.

21 산소를 이용하여 에너지를 얻는 세포 호흡 과정에서 생성된 노폐물을 몸 밖으로 내보내는 과정을 배설이라고 한다. 대변은 배설이 아닌 배출 과정이다.

22 A는 사구체, B는 보먼주머니, C는 정맥, D는 모세 혈관, E는 세뇨관이다. 네프론은 사구체, 보먼주머니, 세뇨관을 말한다.

23 A는 단백질, B는 아미노산, C는 포도당, D는 요소, E는 물에 해당한다.

24 (가)는 여과 작용으로, 혈압 차이에 의해 혈액 속의 노폐물이 걸러진다.

25 단백질은 크기가 커서 여과되지 않으므로 (나)에 포함되지 않는다. 포도당은 여과된 후 100 % 재흡수되므로 (다)에 포함되지 않는다.

26 건강한 사람의 경우 녹말, 단백질, 지방은 여과되지 않으며, 포도당은 세뇨관에서 모두 재흡수되므로 오줌으로 배설되지 않는다.

# Ⅴ. 물질의 특성

## 대단원 평가문항 예시

344~347쪽

01 ① 02 ④ 03 ⑤ 04 ① 05 ① 06 ② 07 ④ 08 ⑤ 09 ③ 10 ③ 11 ④ 12 ⑤ 13 C 14 ③ 15 ① 16 B, 기체의 용해도는 온도가 높을수록 감소하기 때문이다. 17 ② 18 ④ 19 끓는점 20 ④ 21 ⑤ 22 A: 소금, B: 나프탈렌, C: 탄산 칼슘 23 ③ 24 용해도, 분별 결정 25 ③

**01** ① 순물질은 한 가지 물질로만 이루어져 있기 때문이다.

오답 피하기 ② 혼합물의 성분비는 일정하지 않으며, 성분비가 일정한 것은 화합물이다.

③ 혼합물의 가열 곡선에서는 수평 구간이 없거나 여러 개 나타난다.

④ 혼합물은 균일 혼합물과 불균일 혼합물로 구분할 수 있다. 순물질에는 한 가지 원소로 이루어진 물질과 화합물이 있다.

⑤ 두 종류 이상의 물질이 섞여 있는 것은 혼합물이다.

**02** 물질의 겉보기 성질은 사람의 감각이나 간단한 도구를 이용하여 구별할 수 있는 성질이므로, 물질의 겉보기 성질만으로는 모든 물질의 종류를 구분할 수 없다.

**03** ㄴ. (나) 구간에서는 온도가 일정하므로 상태 변화가 일어난다. 따라서 물과 얼음이 같이 존재한다.

ㄷ. (다) 구간에서는 상태 변화로 생성된 액체 상태의 물이 열에너지를 흡수하여 온도가 증가한다.

오답 피하기 ㄱ. (가) 구간에서는 얼음이 열에너지를 흡수하여 온도가 점점 높아지게 된다.

**04** 물의 양이 많아지면 끓는점에 이르는 시간이 오래 걸릴 뿐이고, 물의 끓는점은 변하지 않고 일정하다.

**05** 액체 순물질을 가열하면 액체가 기체로 상태 변화하는 끓는점에 도달하게 되고, 끓는점에서는 온도가 일정하므로 수평 구간이 한 개만 존재한다.

**06** ㄴ. 소금물은 혼합물이므로 가열하면 상태 변화가 일어나는 동안 순물질과는 달리 온도가 계속 높아지게 된다.

오답 피하기 ㄱ. 그래프에서 꺾인 부분이 소금물이 끓기 시작하는 지점이므로 소금물의 끓는점은 일정하지 않고, 끓기 시작하는 온도도 물보다 높다.

ㄷ. 소금물이 끓는 동안 물이 기화하여 수증기가 되지만, 소금은 그대로 남아 있게 된다.

**07** 에탄올의 양에 관계없이 끓는점은 일정하고, 물질의 양이 증가하면 온도를 올리는 데 더 많은 열에너지가 필요하므로 끓는점에 도달하는 데 걸리는 시간이 길어진다.

**08** ⑤ B 구간에서 온도가 일정한 것은 열에너지가 모두 상태 변화에 쓰이기 때문이다.

오답 피하기 ① (가)는 가열 곡선, (나)는 냉각 곡선이다.

② (다)의 온도는 녹는점과 어는점이다.

③ A 구간과 c 구간에서 물질 X는 액체 상태이다.

④ 혼합물은 녹는점과 어는점이 일정하지 않다.

**09** 상온에서 액체 상태인 물질은 녹는점＜상온＜끓는점이므로 수은이 상온에서 액체 상태로 존재한다. 질소와 산소는 기체 상태, 금과 나프탈렌은 고체 상태로 존재한다.

**10** 스타이로폼의 밀도를 구하기 위해서는 스타이로폼의 질량과 부피를 측정해야 한다. 질량을 측정하기 위해 전자저울이 필요하며, 부피를 측정하기 위해 일정량의 물이 든 눈금 실린더에 가는 철사로 스타이로폼을 눌러 넣으면 물의 부피를 측정할 수 있다. 이때 눈금 실린더에 들어 있는 물의 부피 변화가 스타이로폼의 부피와 같다.

**11** 질량이 3.6 g이고, 부피가 3.0 $cm^3$인 플라스틱 조각의 밀도는 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}=\frac{3.6}{3.0}=1.2\ g/cm^3$이다. 따라서 이 플라스틱의 밀도는 B보다는 크고, C보다는 작으므로 B와 C의 경계면에 머무르게 된다.

**12** 밀도가 같으면 같은 물질이다.

(가)$=\frac{80}{20}=4$ g/mL　(나)$=\frac{80}{30}\fallingdotseq 2.7$ g/mL

(다)$=\frac{60}{30}=2$ g/mL　(라)$=\frac{20}{10}=2$ g/mL

**13** 포화 용액은 용해도 곡선 위에 있는 용액이다.

오답 피하기 A와 B는 과포화 용액이고, D와 E는 불포화 용액이다.

**14** 50°C의 포화 용액은 용해도가 120이므로 물 100 g에 용질 120 g이 녹아 있는 용액이다. 이 용액의 온도를 40°C로 낮추면 용해도가 감소하여 60이 되므로, 녹아 있는 용질의 양은 120 g에서 60 g으로 감소하고, 석출되는 용질의 양은 60 g이 되므로 전체의 50 %가 석출된다.

**15** ㄱ. 용해도의 정의는 100 g의 용매에 포화될 수 있는 용질의 양이므로 A의 용해도는 88, B의 용해도는 32, C의 용해도는 5이다.

오답 피하기 ㄴ. B의 용해도는 C보다 크다.

ㄷ. C 10 g이 모두 녹은 포화 용액에서는 물의 양이 200 g이어야 한다. 따라서 이 수용액의 퍼센트 농도는 $\frac{10}{200+10}\times 100\fallingdotseq 4.8$ %이다.

**16** 탄산음료에서 발생하는 기포는 탄산음료 속에 녹아 있는 이산화 탄소의 용해도가 감소하여 빠져나오는 것이다. 기체의 용해도는 온도가 높아질수록 감소하므로 온도가 더 높은 물에 들어 있는 B 시험관에서 기체의 용해도가 더 작다. 따라서 기포의 발생량은 A보다 B에서 더 많다.

17 ② 주어진 실험 장치는 고체와 액체의 혼합물을 가열하여 기화되는 물질을 찬물에서 냉각시켜 분리하는 장치이다. 소금물을 가열하면 끓는점이 매우 높은 소금은 남아 있고, 끓는점이 낮은 물만 끓어서 기화된다.

오답 피하기 ① 소금과 후추는 밀도 차를 이용하거나 물에 대한 용해도 차를 이용하여 분리할 수 있다.

③ 물과 참기름은 서로 섞이지 않고 밀도가 다르므로 분별 깔때기를 이용하여 분리할 수 있다.

④ 설탕과 모래는 물에 대한 용해도 차를 이용하여 분리할 수 있다.

⑤ 질산 칼륨과 염화 나트륨은 온도에 따른 용해도 차를 이용하여 분리할 수 있다.

18 ㄱ. A에서는 기화가 일어난다.

ㄷ. 끓임쪽은 혼합 용액이 갑자기 끓어오르는 것을 방지하기 위해서 넣는다.

오답 피하기 ㄴ. 서로 잘 섞이지 않는 액체 혼합물은 끓는점 차보다는 밀도 차를 이용하여 분별 깔때기로 분리하는 것이 적당하다.

19 A와 B는 잘 섞이는 액체 물질이므로 밀도 차를 이용해서 분리하기는 어렵다. 따라서 녹는점이나 끓는점을 이용하는 것이 좋은데, 상온에서 액체인 물질이므로 끓는점 차를 이용하여 분리하는 것이 가장 쉽다.

20 금속 도막을 물속에 넣었을 때 불어난 물의 부피가 금속 도막의 부피이므로 19 mL$-$16 mL$=$3 mL$=$3 $cm^3$이다.

따라서 밀도$=\dfrac{질량}{부피}=\dfrac{33\ g}{3\ cm^3}=11\ g/cm^3$

21 볍씨를 소금물에 넣고 쭉정이를 분리하는 방법, 흐르는 물에 모래를 씻어 내어 사금을 얻는 방법, 키질로 곡식에 섞인 검불을 날려 분리하는 방법은 밀도 차를 이용한 혼합물의 분리 방법이다.

오답 피하기 원유를 가열하여 휘발유를 분리하는 것은 끓는점 차를 이용한 분리 방법이다.

22 세 물질 중에서 물에 잘 녹는 물질은 소금이고, 나프탈렌과 탄산 칼슘은 물에 잘 녹지 않는다. 따라서 A에서 거른 용액에 포함되어 있는 물질은 소금이므로 물을 증발시켜 결정 상태로 얻어낼 수 있다. 한편, 나프탈렌은 에탄올에 녹아서 걸러지므로 B는 나프탈렌이고, 남은 C는 탄산 칼슘이다.

23 80℃의 물 100 g에는 염화 나트륨 30 g과 붕산 15 g이 모두 녹을 수 있다. 그러나 이 용액을 20℃로 냉각시키면 염화 나트륨의 용해도는 37 정도로 크게 차이가 없지만, 붕산의 용해도는 5이므로 붕산 15 g$-$5 g$=$10 g이 석출된다.

24 온도에 따른 용해도 차를 이용하여 혼합물을 분리하는 방법으로, 분별 결정이라고 한다.

25 ③ 분필 크로마토그래피로 잉크의 색소를 분리하는 장치이다. 시금치에 들어 있는 색소도 크로마토그래피로 분리할 수 있다.

오답 피하기 ① 원유에서 휘발유를 분리할 때에는 끓는점 차를 이용한다.

② 소금물에서 소금을 분리할 때는 물을 증발시켜서 얻어낼 수 있다.

④ 식초 속의 아세트산은 추출을 이용하여 분리한다.

⑤ 바닷물과 기름은 서로 섞이지 않고 기름은 물 위에 뜨므로 밀도 차를 이용하여 기름 성분을 분리할 수 있다.

# Ⅵ. 일과 에너지 전환

## 대단원 평가문항 예시

394~397쪽

01 ② 02 ④ 03 ③ 04 ① 05 ⑤ 06 4 m
07 ③ 08 해설 참조 09 (1) (가) 50 J, (나) 50 J
(2) (가) 50 N, (나) 10 N 10 ㄴ, ㄷ, ㅁ 11 ㄴ, ㄷ
12 ④ 13 ① 14 30 J 15 ⑤ 16 ④ 17 ⑤
18 ④ 19 ① 20 ② 21 ④ 22 ① 23 ⑤
24 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○

01 과학에서는 물체에 힘이 작용하고 동시에 물체를 힘의 방향으로 이동시켰을 때 일을 하였다고 한다.

02 힘이 한 일의 양은 힘과 이동 거리의 곱으로 구할 수 있다.
한 일의 양$=$20 N$\times$10 m$=$200 J

03 두 전동기는 같은 무게의 물체를 같은 높이만큼 들어 올렸으므로 한 일의 양은 같다. 그러나 전동기 A는 4초만에 들어 올렸지만 전동기 B는 2초만에 들어 올렸다.

A: $\dfrac{20\ m}{5\ m/s}=4\ s$, B: $\dfrac{10\ m}{5\ m/s}=2\ s$

일률$=\dfrac{한\ 일의\ 양}{걸린\ 시간}$이므로 전동기 B의 일률은 A의 2배이다.

04 일의 단위는 J이고 일률의 단위는 W이다.

05 손이 움직인 거리는 물체가 올라간 거리보다 5배 더 크기 때문에 힘은 $\frac{1}{5}$로 줄어든다. 따라서 힘$=\frac{400\text{ N}}{5}=80$ N이다.

06 움직 도르래가 1개 있으면 힘은 $\frac{1}{2}$로 줄어들고 이동 거리는 2배로 증가하므로 당기는 거리는 4 m가 된다.

07 고정 도르래와 움직 도르래가 각각 4개씩 있고 물체가 한 가닥의 줄에 연결되어 있는데 물체를 1 m 끌어 올리기 위해 줄을 8 m 잡아당겨야 하므로 힘은 무게의 $\frac{1}{8}$배가 든다.

08 팔 근육을 이용하여 공을 들어 올릴 때 팔꿈치 부분이 받침점(▲)이고 이두박근이 붙어 있는 부분이 힘점(■), 손 부분이 작용점(●)이 된다.

공

09 (1) (가)와 (나) 모두 위치 에너지의 증가량이 50 J로 한 일의 양은 같다.
(2) (가)의 경우에는 물체의 무게와 같은 크기의 힘이 필요하다. (나)의 경우에는 빗면으로 움직인 거리가 연직 위로 들어 올린 경우보다 5배 더 길기 때문에 필요한 힘은 50 N의 $\frac{1}{5}$배인 10 N이 필요하다.

10 ㄹ. 일과 에너지는 서로 전환될 수 있다.

11 ㄴ. 빗면에서 물체를 끌어 올리는 힘의 크기는 무게인 20 N보다 작다. 빗면을 이용하면 힘은 적게 들고, 움직인 거리는 크다.
ㄷ. 빗면으로 물체를 1 m 움직였을 때 필요한 힘이 20 N보다 작기 때문에 한 일의 양도 20 J보다 작다.
오답 피하기 ㄱ. 속력이 일정하므로 물체의 운동 에너지는 일정하다.

12 힘이 한 일은 모두 운동 에너지의 증가로 사용되었다. 따라서 운동 에너지는 다음과 같다.
힘×이동 거리=200 N×10 m=2,000 J

13 힘 $F$가 한 일의 양 만큼 운동 에너지가 증가하므로 운동 에너지는 이동 거리에 비례한다.

한 일의 양=힘×이동 거리=운동 에너지의 증가량

14 중력과 이동 거리의 곱은 중력이 한 일의 양이고, 이것은 위치 에너지와 같다.

15 역학적 에너지는 보존된다. A 지점에서 역학적 에너지가 100 J이므로 B 지점에서의 역학적 에너지도 100 J이 되어야 한다.

16 빗면을 이용하여도 일에는 이득이 없다. 한 일의 양은 위치 에너지 증가량과 같으므로 위치 에너지는 다음과 같다.
$E_p=9.8\times10\text{ kg}\times3\text{ m}=294\text{ J}$

17 떨어지는 추가 한 일의 양은 (나무 도막과 집게 사이의 마찰력)×(나무 도막의 이동 거리)이다.

18 달려오던 선수의 운동 에너지는 위치 에너지로 전환되어 높이 올라갈 수 있다.

19 ① 물체가 A 지점과 같은 높이인 E 지점까지 올라갔으므로 역학적 에너지는 보존되었다.
오답 피하기 A 지점과 C 지점에서 역학적 에너지는 같지만 운동 에너지는 C 지점에서 더 크다.
③ A 지점과 E 지점에서 위치 에너지는 0이 아니고 운동 에너지가 0이다.
④ 물체의 운동 에너지는 C 지점에서 가장 크다.

20 전열기는 전기 에너지를 열에너지로 전환시키는 전기 기구이다.

21 역학적 에너지가 보존되어야 한다. 따라서 높이 14.7 m를 지날 때의 운동 에너지와 위치 에너지의 합이 지면에 닿기 직전의 운동 에너지와 같다.
공이 지면에 닿기 직전의 운동 에너지=역학적 에너지
$=\left(\frac{1}{2}\times2\times9.8^2+9.8\times2\times14.7\right)\text{ J}$

22 열에너지는 신 · 재생 에너지가 아니다.

23 ⑤ 에너지는 보존되지만 인간이 사용 가능한 에너지는 점점 감소하고 있다.
오답 피하기 ① 에너지의 전환은 에너지를 없애는 것이 아니라 다른 에너지로 전환되는 것이다.
② 식물은 빛에너지를 화학 에너지로 전환한다.
③ 전구는 전기 에너지를 빛에너지로 전환한다.
④ 마찰이 있으면 역학적 에너지는 열에너지로 전환될 수도 있다.

24 (1) 물체에 힘이 작용하고 있지만 물체가 움직이지 않으면 일을 한 것이 아니다.
(2) 일을 하는 시간이 길수록 일률은 작다.
(5) 위치 에너지는 높이와 질량에 비례한다.

# VII. 자극과 반응

## 대단원 평가문항 예시

448~451쪽

01 ③ 02 ⑤ 03 ① 04 ② 05 ④ 06 ④
07 ⑤ 08 ④ 09 B, 신경세포체 10 ⑤ 11 ④
12 ① 13 ④ 14 ④ 15 ② 16 ⑤ 17 ①
18 ① 19 A 인슐린, B 글루카곤 20 ⑤ 21 (가) 항상성, (나) 길항 22 ① 23 ⑤ 24 ⑤ 25 ④

**01** 멀리 있는 물체를 볼 때는 섬모체가 이완되어 수정체가 얇아진다.

**02** 상이 망막 앞쪽에 맺히는 눈의 이상은 근시이다. 근시는 수정체의 두께가 두껍거나 수정체와 망막 사이의 거리가 멀어서 생긴다.

오답 피하기 근시는 오목 렌즈로 교정한다.

**03** A는 수정체, B는 각막, C는 홍채, D는 섬모체, E는 망막이다. 망막에 상이 뚜렷하게 맺히기 위해서는 거리에 따라 수정체의 두께가 변해야 한다.

오답 피하기 각막은 빛이 통과하는 투명한 막이며, 홍채는 눈으로 들어오는 빛의 양을 조절한다.

**04** 소리의 전달 경로는 귓바퀴 → 외이도 → 고막 → 귓속뼈 → 달팽이관 → 청각 신경 → 청각 세포이다.

**05** 우리 몸에 있는 평형 감각 기관 중에서 전정 기관은 몸의 기울기를 감지하고, 반고리관은 몸의 회전을 감지한다.

**06** 후각 세포는 기체 상태의 화학 물질을 받아들여 냄새를 감각한다.

**07** 매운맛은 통각이며, 떫은맛은 압각이다.

**08** 손끝에는 촉점이 많이 분포되어 있어 손끝으로 물체를 구분할 수 있다.

오답 피하기 피부 감각을 수용하는 곳은 감각 세포가 아니라 감각점이다.

**09** 뉴런은 신경세포체와 신경 섬유로 이루어져 있다. 신경세포체는 핵이 있으며, 뉴런의 물질대사를 조절한다.

**10** A는 가지 돌기, B는 신경세포체, C는 축삭 돌기이다. 가지 돌기는 다른 뉴런으로부터 자극을 받아들이고, 축삭 돌기는 다른 뉴런으로 자극을 전달한다.

**11** A는 감각 뉴런, B는 연합 뉴런, C는 운동 뉴런으로 자극의 전달 경로는 감각 뉴런 → 연합 뉴런 → 운동 뉴런이다.

**12** A는 대뇌, B는 간뇌, C는 중간뇌, D는 연수, E는 소뇌이다. (가), (라), (마)는 대뇌가 조절하는 행동이며, (나)는 연수가 조절하는 무조건 반사이다. (다)와 같이 몸의 중심을 유지시켜 주는 곳은 소뇌이다.

**13** 연수는 호흡, 순환, 소화와 같은 생명 활동을 조절하는 중추이다.

**14** 뜨거운 물체에 손이 닿았을 때 재빨리 손을 빼는 행동은 척수가 조절하는 무조건 반사이다.

**15** 신 김치를 봤을 때 침이 고이는 것은 대뇌가 조절하는 조건 반사이다. (가), (다), (라), (마)는 척수에 대한 설명이다.

**16** 교감 신경은 심장 박동을 빠르게 하고, 혈압을 상승시키며, 호흡 운동을 촉진한다.

**17** 자율 신경계는 대뇌의 지배를 받지 않고, 의지와 상관없이 독립적으로 작동하는 신경계이다.

오답 피하기 자율 신경계에는 감각 신경이 없고 운동 신경만 있다.

**18** A는 뇌하수체, B는 갑상샘, C는 부신, D는 이자, E는 난소이다. 말단 비대증은 생장이 끝난 후에도 뇌하수체에서 성장 호르몬이 과다하게 분비되어 생긴다.

**19** 이자에서 분비되는 인슐린은 혈당량을 감소시키고, 글루카곤은 혈당량을 증가시킨다.

**20** 호르몬은 표적 기관에만 작용하며, 미량으로 여러 가지 생리 작용을 조절한다.

**22** 이자는 소화액을 분비하는 외분비샘이기도 하고, 호르몬을 분비하는 내분비샘이기도 하다.

오답 피하기 외분비샘에는 침샘, 소화샘, 지방샘, 눈물샘 등이 있다.

**23** A는 갑상샘 자극 호르몬으로 갑상샘을 자극하여 갑상샘이 티록신을 생성 분비하도록 한다.

**24** 인슐린은 포도당을 글리코젠으로 합성하여 혈당량을 감소시킨다.

**25** 소아기 때 성장 호르몬의 분비가 부족하면 키가 비정상적으로 작은 난쟁이증에 걸린다.

오답 피하기 티록신이 과다 분비되면 갑상샘 항진증이 되고, 티록신 분비가 부족하면 갑상샘 저하증에 된다.

# 찾아보기



# 사진 출처와 참고 문헌

## 각 론

### Ⅰ 물질의 구성

#### ■ 사진 자료

● 셔터스톡

52쪽(물), 55쪽(형광등), 57쪽(베르셀리우스), 59쪽(불꽃놀이, 네온사인), 60쪽(연속 스펙트럼), 83쪽(철도 레일)

#### ■ 참고 문헌 및 인용 자료


○ Newton Highlight 이온과 원소(2011), 강금희 역, (주)뉴턴코리아

○ Newton Highlight 비주얼 화학(2011), 강금희 역, (주)뉴턴코리아

○ 학생을 위한 화학과 화학자 이야기(2007), 강건일, 참 · 과학

○ 원자, 작지만 위대한 발견들(2003), 정규성 저, 에피소드

○ Chemistry(2012), John E. McMurry 외 2저, Pearson Prentice Hall

○ Chemistry(2009), Thomas R. Gilbert 외 3저, W. W. Norton Company

○ Science Explorer Chemical Interaction(2007), David V. Frank, Ph. D. 외 2저, Pearson Prentice Hall

○ Science Explorer Physical Science(2005), David V. Frank, Ph. D. 외 6저, Pearson Prentice Hall

○ Chemistry(2005), Antony C. Wilbraham 외 3저, Pearson Prentice Hall


#### ■ 참고 사이트

◆ 사이언스올 http://www.scienceall.com

◆ 한국 과학 창의 재단 http://www.kofac.re.kr

◆ 국립 중앙 과학관 http://www.science.go.kr

◆ 서울특별시 과학 전시관 http://www.ssp.re.kr

◆ 한국 브리태니커 http://www.britannica.co.kr

◆ LG 사이언스 랜드 http://www.lg－sl.net

### Ⅱ 빛과 파동

#### ■ 사진 자료

● 142쪽 소리 분석 프로그램 Cool Edit Pro

● 셔터스톡

110쪽(CCD 이미지 센서, CMOS 이미지 센서), 126쪽(도미노), 144쪽(신시사이저, 스트라디바리우스), 145쪽(초음파 세척기, 초음파 가습기), 152쪽(태양, 전구, 촛불)

#### ■ 참고 문헌 및 인용 자료


○ 물리학의 역사, Georg Feulner, 혜원

○ 광학, Hecht, E. 외 저, 조재흥 역, 두양사

○ 인간과 사회와 함께한 과학 기술의 발자취, 박준우, 자유 아카데미

○ 알기 쉬운 생활 속의 물리, 물리 교재 편찬 위원회, 청문각

○ College Physics, Giambattista, 북스힐

○ 일반 물리학 강의, 문창범, 청문각

○ 파인만의 물리학 강의, 리처드 파인만, 승산

○ 파동의 사이언스, 뉴턴 프레스, (주)뉴턴코리아

○ 빛이란 무엇인가?, 뉴턴 프레스, (주)뉴턴코리아

○ 과학 교사를 위한 빛과 파동, 김중복 외 2저, 홍릉 과학 출판사

○ 물리가 날 미치게 해, 크리스토퍼 야르고즈키 저, 한승

○ 빛과 색－자연이 빚어내는 연금술, 변종철, 살림

○ 뉴턴과 괴테도 풀지 못한 빛과 색의 신비, 주와지마 미키 외 저, 이규원 역, 한울림

○ 한 번만 읽으면 확 잡히는 중학교 과학, 강선남 저, 한언


#### ■ 참고 사이트

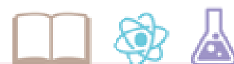
◆ 한국 과학 창의 재단 http://www.kofac.re.kr

◆ 차교수와 물리 산책 http://nucl－a.inha.ac.kr

◆ 권재술의 물리 교육 연구실 http://jskwon.knue.ac.kr

◆ 기상청 http://www.kma.go.kr

◆ 과학 기술 정책 연구원 http://www.stepi.re.kr



## Ⅲ 기권과 우리 생활

### ■ 사진 자료

- 207쪽　슈퍼컴퓨터　기상청
- 210쪽　장마철 구름 사진　기상청
- 213쪽　관악산 기상 레이더　기상청
- 셔터스톡
  165쪽(태양 전지), 172쪽(투발루), 177쪽(빨래 건조, 구름, 빙정), 178쪽(응결), 183쪽(서리), 189쪽(차내 수증기), 192쪽(자기 기압계 2개), 203쪽(구름), 205쪽(태풍 사진), 216쪽(컵 풍속계, 에어로 베인), 219쪽(탄소 순환), 220쪽(적운형 구름)

### ■ 참고 문헌 및 인용 자료


○ 대기 과학 개론(2009), 한국 기상학회, 시그마프레스

○ 대기 과학(2009), 안중배 외 7역, 시그마프레스

○ 푸른 행성(지구 환경 과학 개론)(2000), 스키너 포터 저, 김동주 역, 시그마프레스

○ 대기와 날씨 변화(2006), 이성한, 지경사

○ 지구(푸른 행성 지구의 모든 것을 담은 지구 대백과 사전)(2006), 제임스 루어 저, 김동희 역, 사이언스북스

○ The Earth System(2009), Lee R. Kump 외 저, Prentice Hall

○ 기후 변화와 지구 환경(2010), 니노미야 고조 저, 장일선 역, 진한 엠엔비

○ Newton Highlight 물의 사이언스(2010), 뉴턴프레스 저, 강금희 역, (주)뉴턴코리아


### ■ 참고 사이트

◆ 기상청 http://www.kma.go.kr

◆ 국립 산림 과학원 http://www.forest.go.kr

◆ 국립 기상 연구소 http://argo.kma.metri.re.kr

◆ 기후 변화 정보 센터 http://climate.go.kr

◆ 한국 교육 학술 정보원 http://www.keris.or.kr

◆ 한국 과학 창의 재단 http://www.kofac.re.kr

◆ 교수 학습 개발 센터 http://classroom.re.kr

## Ⅳ 소화 · 순환 · 호흡 · 배설

### ■ 사진 자료

- 241쪽　식혜 만드는 과정
  http://theeastworld.blogspot.com/2010/11/discover-korean-food-40-dr-sook-ja.html
- 253쪽　헌혈 홍보 포스터
  대한 적십자사 혈액 관리 본부
  http://www.bloodinfo.net/promotion_poster.do
- 셔터스톡
  228쪽(종자식물, 양치식물의 포자, 은방울꽃, 개), 229쪽(우는 아이, 해삼, 성게), 247쪽(간), 252쪽(정상인 혈액과 백혈병 환자 혈액), 259쪽(청진기), 260쪽(제세동기), 263쪽(넥타이), 266쪽(호흡 기관), 267쪽(사람의 호흡 기관), 271쪽(매연), 284쪽(테타니균)

### ■ 참고 문헌 및 인용 자료


○ 생명 과학 8판(2008), Campbell 저, 전상학 역, 라이프사이언스

○ 인체(2009), 스티브 파커 외 1저, 박경한 외 4역, 사이언스북스

○ 공부가 되는 과학 백과 인체(2011), 글공작소 저, 아름다운 사람들

○ 인체 21세기 해부학(2010), 뉴턴프레스 저, 강금희 역, (주)뉴턴코리아

○ 동물 상식을 뒤집는 책(2011), 존 로이드 외 1저, 전대호 역, 해나무


### ■ 참고 사이트

◆ 과학 향기 http://scent.ndsl.kr

◆ 질병 관리 본부 http://www.cdc.go.kr

◆ 보건 복지부 http://www.mw.go.kr

◆ 한국 과학 창의 재단 http://www.kofac.re.kr

◆ 국립 중앙 과학관 http://www.science.go.kr

◆ 국립 과천 과학관 http://www.sciencecenter.go.kr

◆ 한국 영양학회 http://www.kns.or.kr

◆ 식품 의약품 안전청 http://www.kfda.go.kr

# 사진 출처와 참고 문헌

## Ⅴ 물질의 특성

### ■ 사진 자료

- 유로크레온
  311쪽(LNG 수송선)
- 셔터스톡
  333쪽(포도주)

### ■ 참고 문헌 및 인용 자료


○ 날마다 일어나는 화학 스캔들 104(2005), Kerry K. Karukstis 외 1저, 북스힐

○ 분석 화학(2012), Daniel C. Harris, 자유 아카데미

○ 상위 5 %로 가는 화학 교실 1(2010), 신학수 외 6저, (주)위즈덤 하우스

○ 만화로 끝내는 과학 교과서(2011), 한재필, 어진 교육

○ 세상에서 가장 재미있는 화학(2011), 크레이그 크리들, 궁리

○ Science Explorer Chemical Interaction(2007), David V. Frank, Ph. D. 외 2저, Pearson Prentice Hall

○ Chemistry(2012), John E. McMurry 외 2저, Pearson Prentice Hall

○ Chemistry(2005), Antony C. Willbraham 외 3저, Pearson Prentice Hall

○ Bettelheims introduction to General, Organic, and Biochemistry(2007), Frederick A. Bettelheim 외 3저, Tomson

○ Chemistry(2009), Tomas R. Gilbert 외 3저, W. W. Norton Company


### ■ 참고 사이트

- ◆ 한국 교육 학술 정보원 http://www.keris.or.kr
- ◆ 한국 과학 창의 재단 http://www.kofac.re.kr
- ◆ LG 사이언스랜드 http://www.lg-sl.net
- ◆ 서울특별시 과학 전시관 http://www.ssp.re.kr
- ◆ 서울대학교 과학 교육 연구소 http://sere.sun.ac.kr
- ◆ 사이언스올 http://www.scienceall.com

## Ⅵ 일과 에너지 전환

### ■ 사진 자료

- 셔터스톡
  353쪽(빨래집게, 번지 점프), 369쪽(양궁), 377쪽(터빈), 380쪽(조류 발전), 381쪽(풍력 발전기), 382쪽(원유, 채취, 태양광 발전), 385쪽(형광등, LED 등, 백열 전구)
- 366쪽 스키 점프 뉴스뱅크이미지

### ■ 참고 문헌 및 인용 자료


○ 에너지의 기초, 정운혁 외 1저, 동아대학교 출판부

○ 에너지의 미래, 페터 그루스, 에코 리브르

○ 수학 없는 물리, Paul G. Hewitt 저, 김인묵 외 2역, 럭스 미디어

○ 알기 쉬운 생활 속의 물리(2002), Louis, A. Bloomfield 저, 물리 교재 편찬 위원회 역, 청문각

○ 세상에서 가장 재미있는 물리학, 아트 루프만 저, 궁리

○ 맛보기 물리학(2004), Vern, J. Ostdiek 저, 김용은 역, 청문각

○ 현대 물리학, Moses, M. 저, 북스틸

○ Makers of science, 마이클 앨러비 외 1저, 한승

○ 세상을 바꾼 위대한 과학자, 마이클 앨러비 외 저, 이충호 역, 한승

○ 물리가 물렁물렁, 닉 아놀드 저, 김영사


### ■ 참고 사이트

- ◆ 에너지 관리 공단 http://www.kemco.or.kr
- ◆ 에너지 관리 공단 신·재생 에너지 센터
  http://www.energy.or.kr
- ◆ 한국 과학 창의 재단 http://www.kofac.re.kr
- ◆ 물리학 연구 정보 센터 http://icpr.or.kr
- ◆ 문화재청 http://www.cha.go.kr
- ◆ 서울대학교 규장각 한국학 연구원
  http://e_kyujanggak.snu.ac.kr
- ◆ 한국 수력 원자력 http://www.khnp.co.kr
- ◆ 연구 마루 http://maru.nrf.re.kr



## Ⅶ 자극과 반응

### ■ 사진 자료

- 412쪽 　유스타키오
  http://www.shpusa.com/shp_books/a-little
- 416쪽 　파리의 감각털
  http://www.mindfiesta.com/microscopic_world
- 437쪽 　베일리스
  http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/people
- 437쪽 　스탈링
  http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ernest_Starling.jpg
- 441쪽 　술탄 코센
  http://indiwow.com/worlds-tallest_people
- 셔터스톡
  406쪽(멜라닌 색소가 많은 눈, 멜라닌 색소가 적은 눈), 415쪽(냄새 맡는 개), 420쪽(소믈리에), 424쪽(대뇌의 구조), 425쪽(척수), 429쪽(레몬), 431쪽(수영하는 아기), 433쪽(마취제), 445쪽(노안), 447쪽(착시 그림)

### ■ 참고 문헌 및 인용 자료


○ 생명 과학 8판(2008), Campbell 저, 전상학 역, 라이프사이언스
○ 인체(2009), 스티브 파커 외 1저, 박경한 외 4역, 사이언스북스
○ 인체의 비밀(2009), 스티브 파커 저, 이미정 역, 대교 출판
○ 인체 21세기 해부학(2010), 뉴턴프레스 저, 강금희 역, (주)뉴턴코리아
○ 몸과 질병(2009), 뉴턴프레스 저, 강금희 역, (주)뉴턴코리아
○ 뇌와 마음의 구조(2009), 뉴턴프레스 저, 강금희 역, (주)뉴턴코리아


### ■ 참고 사이트

◆ 과학 향기 http://scent.ndsl.kr
◆ 국립 과천 과학관 http://www.sciencecenter.go.kr
◆ 보건 복지부 http://www.mw.go.kr
◆ 한국 건강 관리 협회 http://www.kahp.or.kr

## 집필진(집필 단원)


**이상인** (Ⅳ) 서울대학교 사범대학 생물교육과 졸업
서울대학교 대학원 생물교육과 졸업(석사)
(현) 강일고등학교 교사

**조봉제** 서울대학교 사범대학 물리교육과 졸업
서울대학교 대학원 물리교육과 졸업(박사)
(현) 송파공업고등학교 교사

**전병희** (Ⅱ, Ⅳ) 서울대학교 사범대학 물리교육과 졸업
서울대학교 대학원 물리교육과 졸업(석사)
(현) 현대고등학교 교사

**남경식** (Ⅱ) 서울대학교 사범대학 물리교육과 졸업
서울대학교 대학원 물리교육과 졸업(박사)
(현) 세종과학고등학교 교사

**황성용** 서울대학교 사범대학 화학교육과 졸업
(현) 한성과학고등학교 교사

**김영호** (Ⅰ) 서울대학교 사범대학 화학교육과 졸업
(현) 신목고등학교 교사

**어진영** (Ⅴ) 서울대학교 사범대학 화학교육과 졸업
서울대학교 대학원 화학교육과 졸업(석사)
(현) 서울과학고등학교 교사

**노동규** 서울대학교 사범대학 화학교육과 졸업
(현) 인창고등학교 교사

**김규태** (Ⅳ) 서울대학교 사범대학 생물교육과 졸업
서울대학교 대학원 생물교육과 졸업(석사)
(현) 서울과학고등학교 교사

**백승용** (Ⅳ) 서울대학교 사범대학 생물교육과 졸업
서울대학교 대학원 생물교육과 졸업(석사)
(현) 서울과학고등학교 교사

**김찬우** (Ⅳ, Ⅶ) 서울대학교 사범대학 생물교육과 졸업
연세대학교 교육대학원 공통과학교육과 졸업(석사)
(현) 서울사대부설여자중학교 교감

**김영귀** (Ⅲ) 서울대학교 사범대학 지구과학교육과 졸업
(현) 신목고등학교 교사

**박래원** 서울대학교 사범대학 지구과학교육과 졸업
(현) 노일중학교 교사

**신석주** 서울대학교 사범대학 지구과학교육과 졸업
한국교원대학교 교육대학원 지구과학교육과 졸업(석사)
(현) 구일고등학교 교사

**권오성** (Ⅲ) 서울대학교 사범대학 지구과학교육과 졸업
한국교원대학교 교육대학원 지구과학교육과 졸업(석사)
(현) 독산고등학교 교사


## 인정심의진

• 기초조사 위원

**박평헌** 경복여자고등학교 교사
**이화영** 개봉중학교 교사
**양미란** 창천중학교 교사
**정부근** 동국대학교 부설고등학교 교사

• 본심사 위원

**김원숙** 장원중학교 교장
**이인덕** 문창중학교 교사
**배영아** 이화여자외국어고등학교 교사
**이창수** 봉화중학교 교사
**서재헌** 상원중학교 교사
**조용헌** 풍문여자고등학교 교사

※ 이 도서는 '한국과학창의재단'에서 감수를 실시하였음.

### 만든 사람들

**개발 책임** 우상원
**편집** 김영우, 김용하, 김혜연, 목진재, 서희정, 손익희, 신선미, 유미현, 이근표, 이윤신
**디자인** 선앤미디어
**실험 동영상** 최은정
**전자저작물** 상록영상
**소품** (주)사이언스스타
**MBL** (주)한국과학
**삽화** 김기권, 김윤희
**사진** 다홍스튜디오
**컷** 김상준, 이도훈, 추교중


**서울특별시교육청에서 2012년 8월 31일 인정 승인을 하였음.**

중학교 과학 ② 교사용 지도서

2013. 3. 1. 초판 발행 정가 원
**지은이:** 이상인 외 14인
**발행인:** (주)지학사 서울시 마포구 신촌로 6길 5
**인쇄인:** (주)벽호 경기도 파주시 한빛로 43

교사용 지도서에 대한 문의 사항이나 의견이 있는 분은 교육과학기술부와 한국교과서연구재단이 운영하는 '교과서민원바로처리센터(전화: 1566-8572, 웹사이트 주소: http://www.textbook114.com 또는 http://www.교과서114.com)'에 문의하여 주시기 바랍니다.

이 도서에 게재된 저작물에 대한 보상금은 문화체육관광부 장관이 정하는 기준에 의거 사단법인 한국복사전송권협회(전화 02-2608-2036, http://www.copycle.or.kr)에서 저작재산권자에게 지급합니다.

**내용 관련 문의:** (주)지학사 콘텐츠본부 과학팀 전화 02-330-5470 전송 02-325-8009
**공급 업무 대행:** 사단법인 한국검정교과서 서울시 강서구 공항대로 395 기도빌딩 4~5F
**개별 구입 문의:** 홈페이지 주소 http://www.ktbook.com 02-3663-5409~12 (한국검정교과서)
홈페이지 주소 http://www.jihak.co.kr 02-330-5302 (주)지학사